In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful

















# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.

## Définition



**Biomotilité = Motilité Cellulaire**

- **Aptitude de la cellule à effectuer des mouvements spontanés ou réactionnels.**
- **C'est une dynamique basée sur l'utilisation du cytosquelette**
- **L'actine, sous sa forme filamenteuse est un acteur majeur de cette dynamique.**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.

## Caractérisation cellulaire de la biomotilité



**Les processus de biomotilité sont spécifiques en raison:**

- **Potentialités moléculaires particulières des cellules ( cell.musclaire, neuronale, épithéliale…)**
- **Implications physiologiques (contraction, migration…)**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.

## Classification des processus de biomotilité

**Biomotilité**

**(voir Complément P 26 et 27)**

**Mouvements intracellulaires**

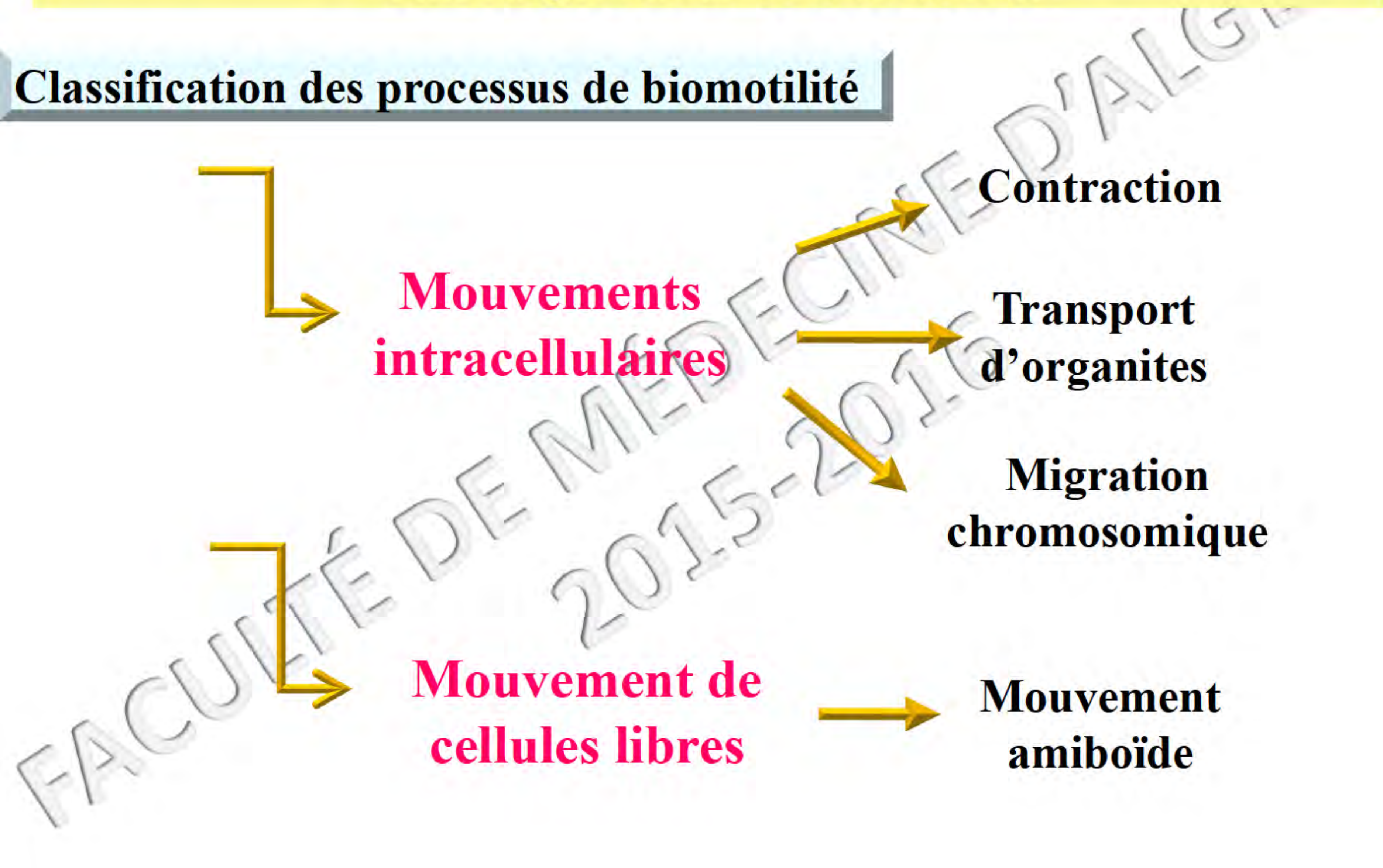
**Mouvements de brassage du milieu extracellulaire**

**Mouvements de cellules libres**

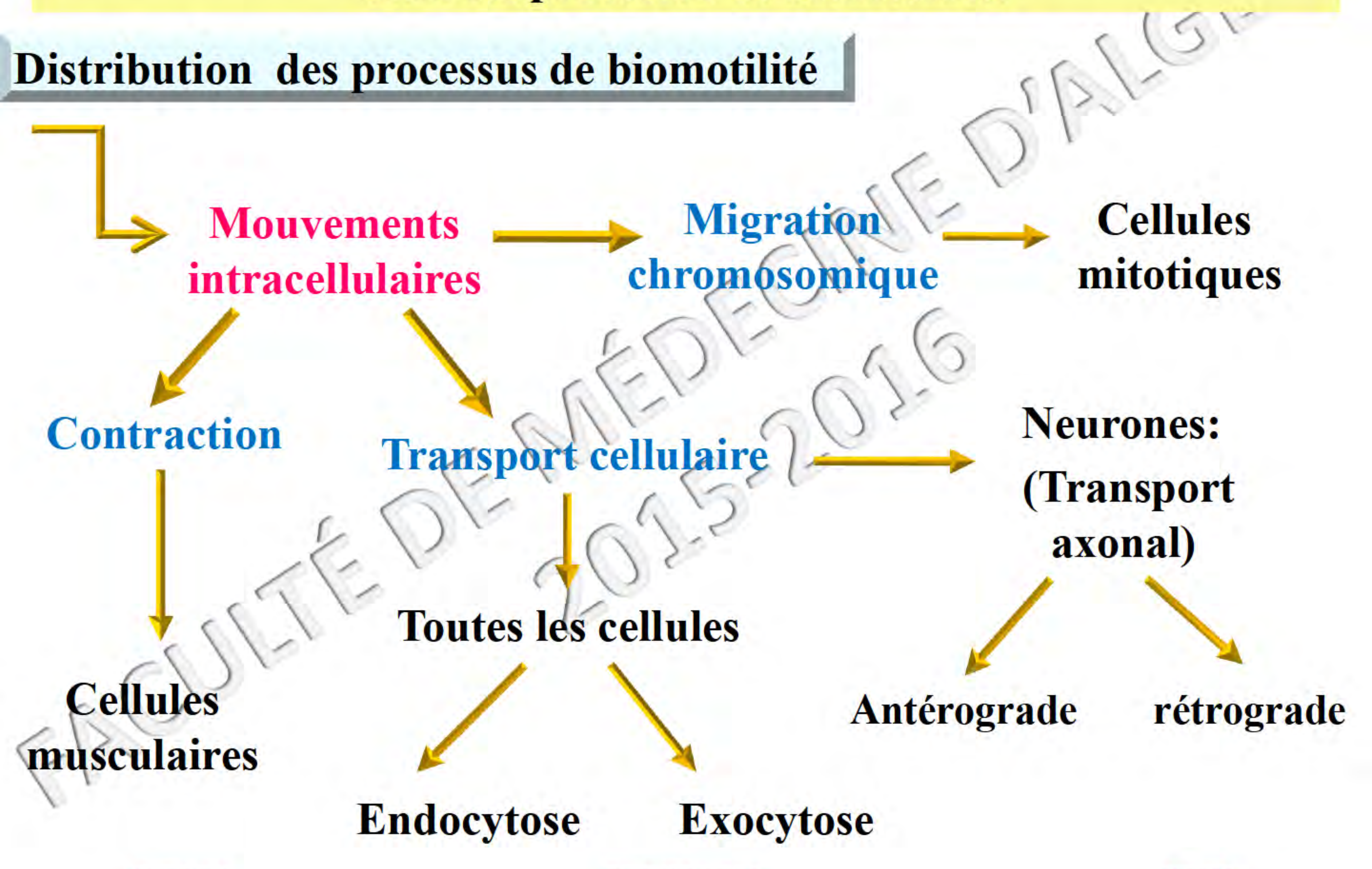


**Vibrations des cils cellulaires (non compris)**

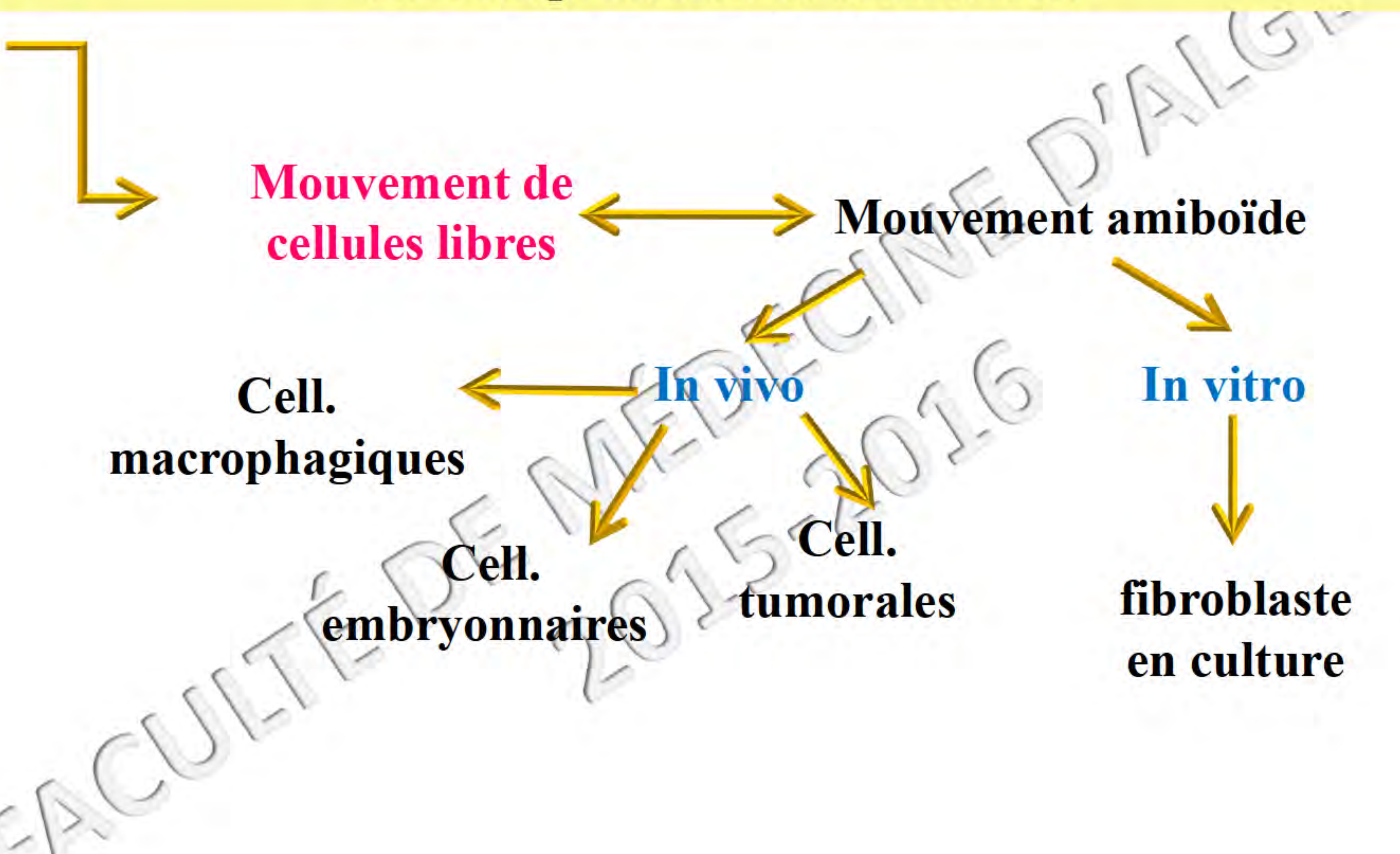
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.



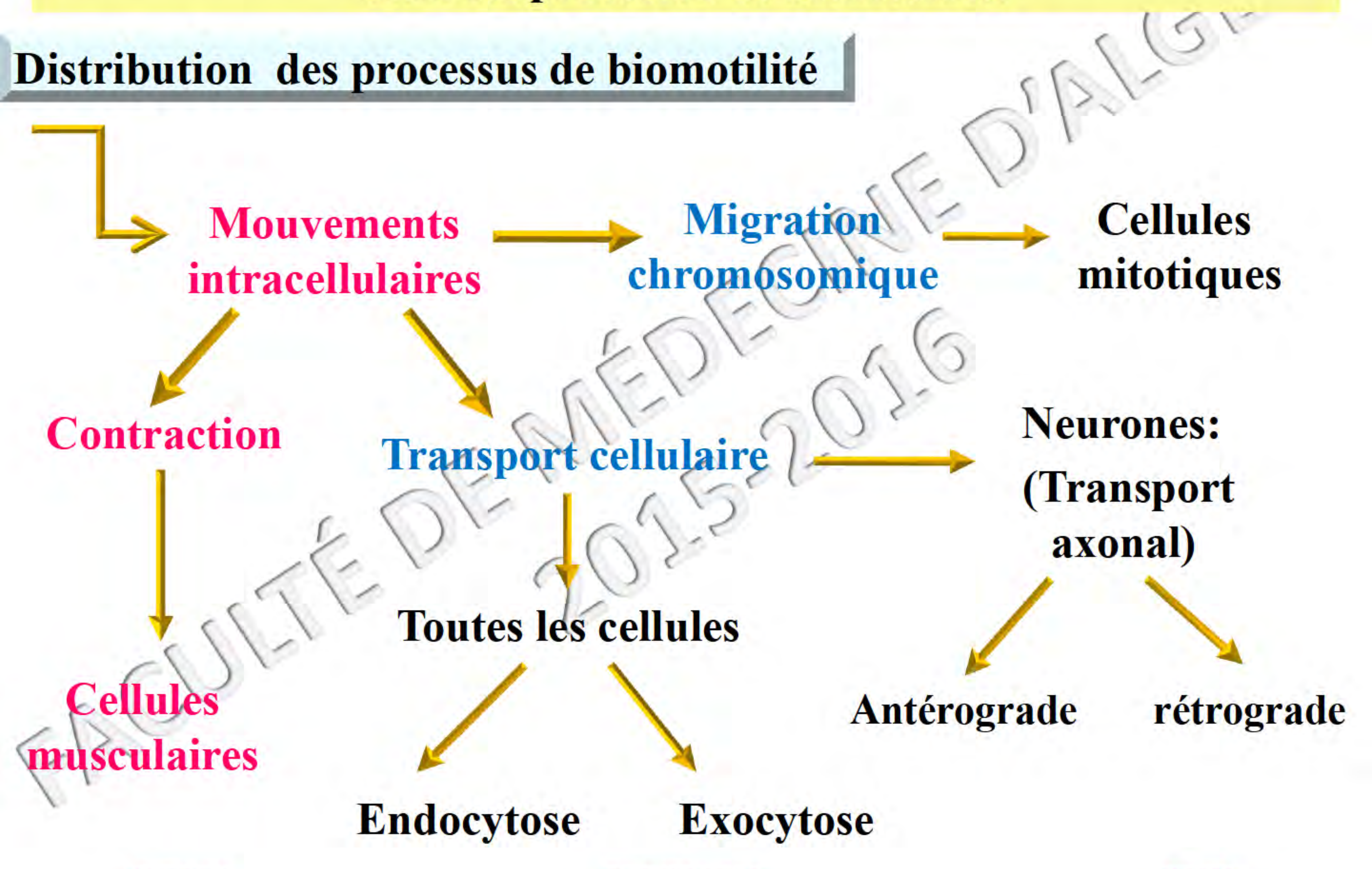
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans les processus de biomotilité.

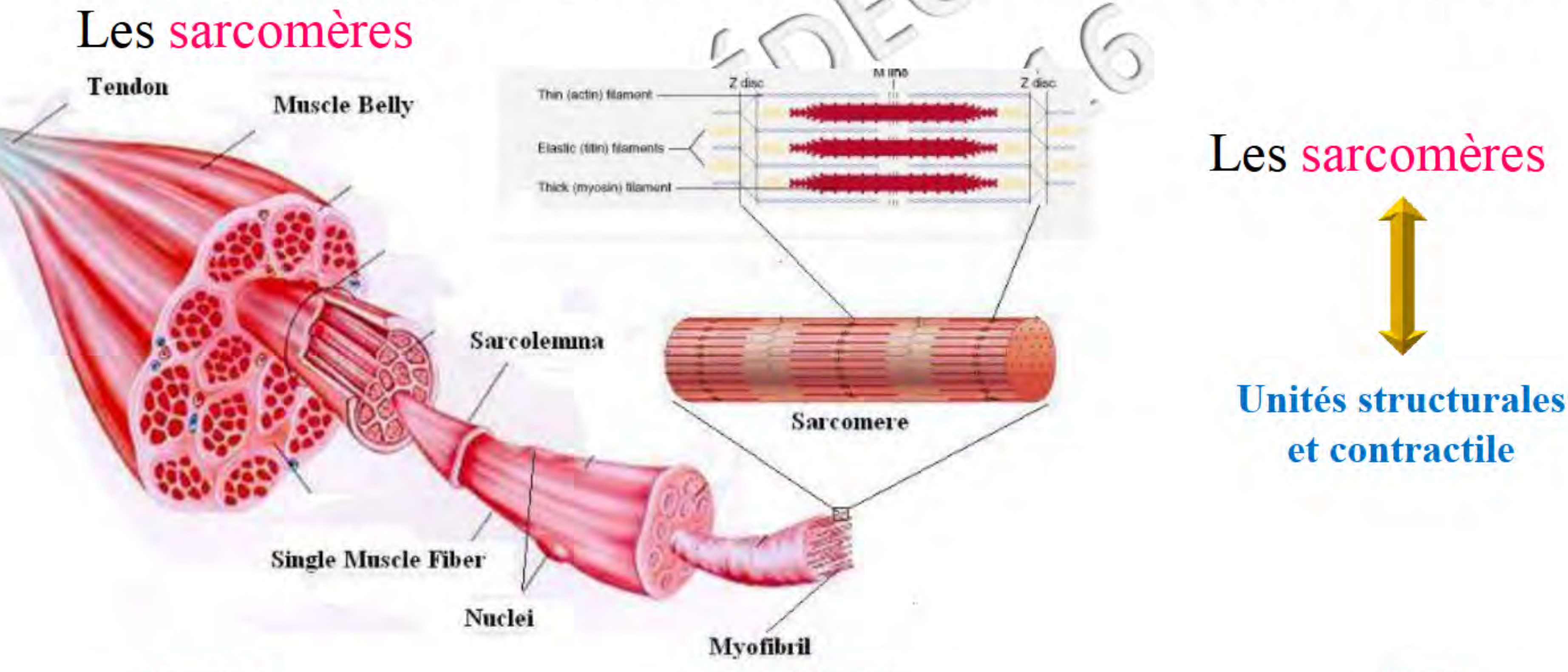


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Rappel anatomo-histologique

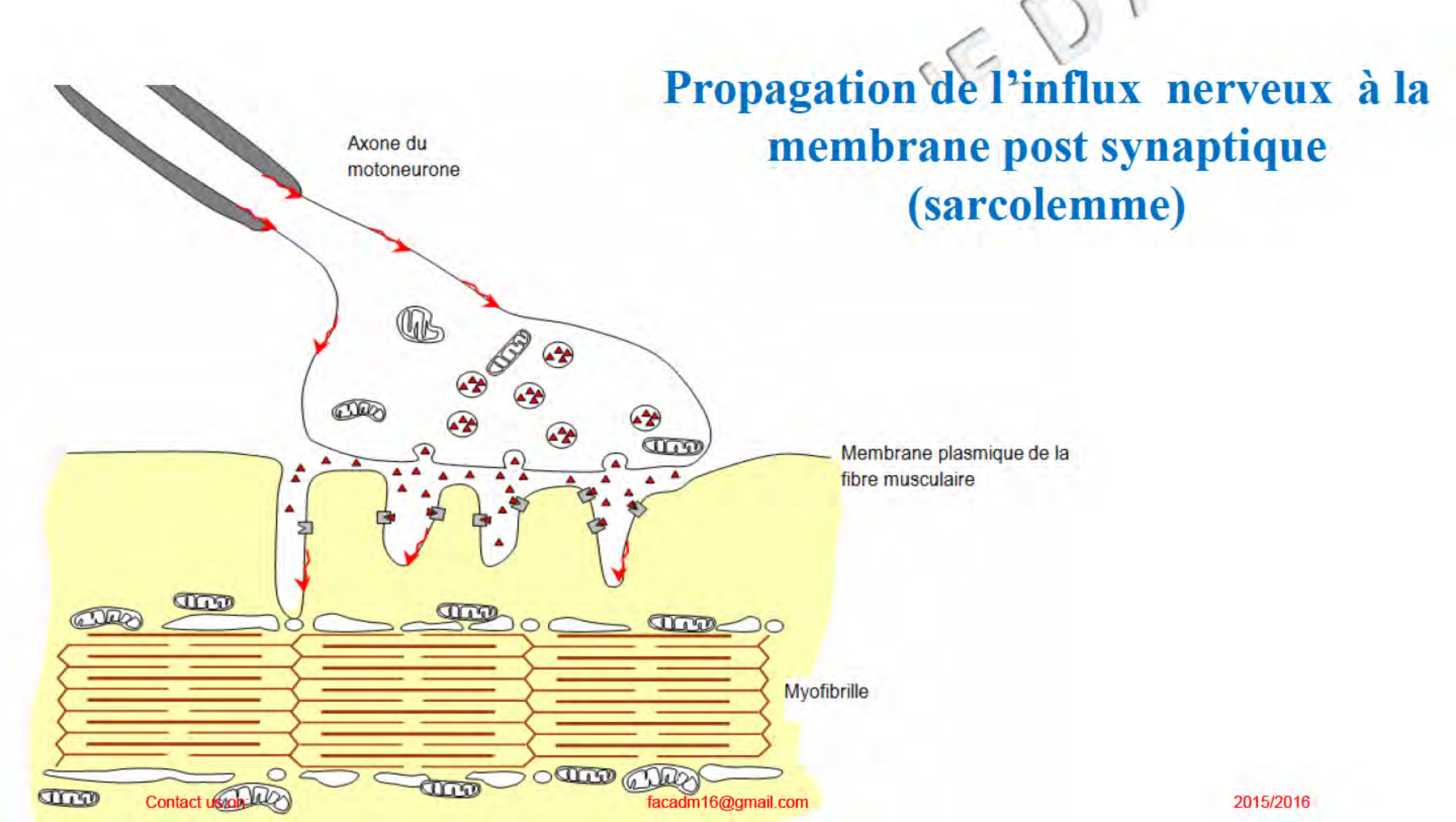
- Dans le muscle, les cell. musculaires sont assemblées en faisceaux
- Leurs cytoplasme est occupé par des myofibrilles
- Chaque myofibrille est une succession de striations tranversales:

Les sarcomères



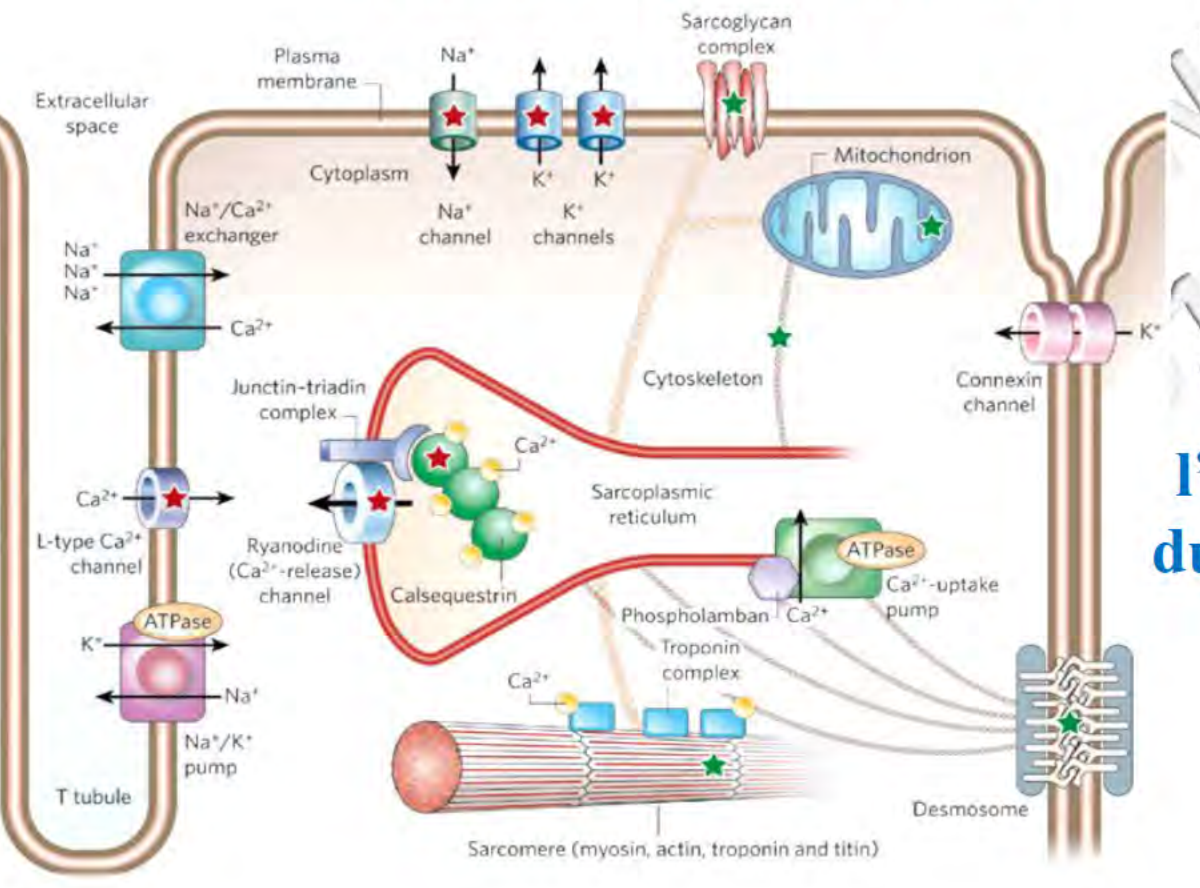
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Conditions d'initiation de la contraction



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

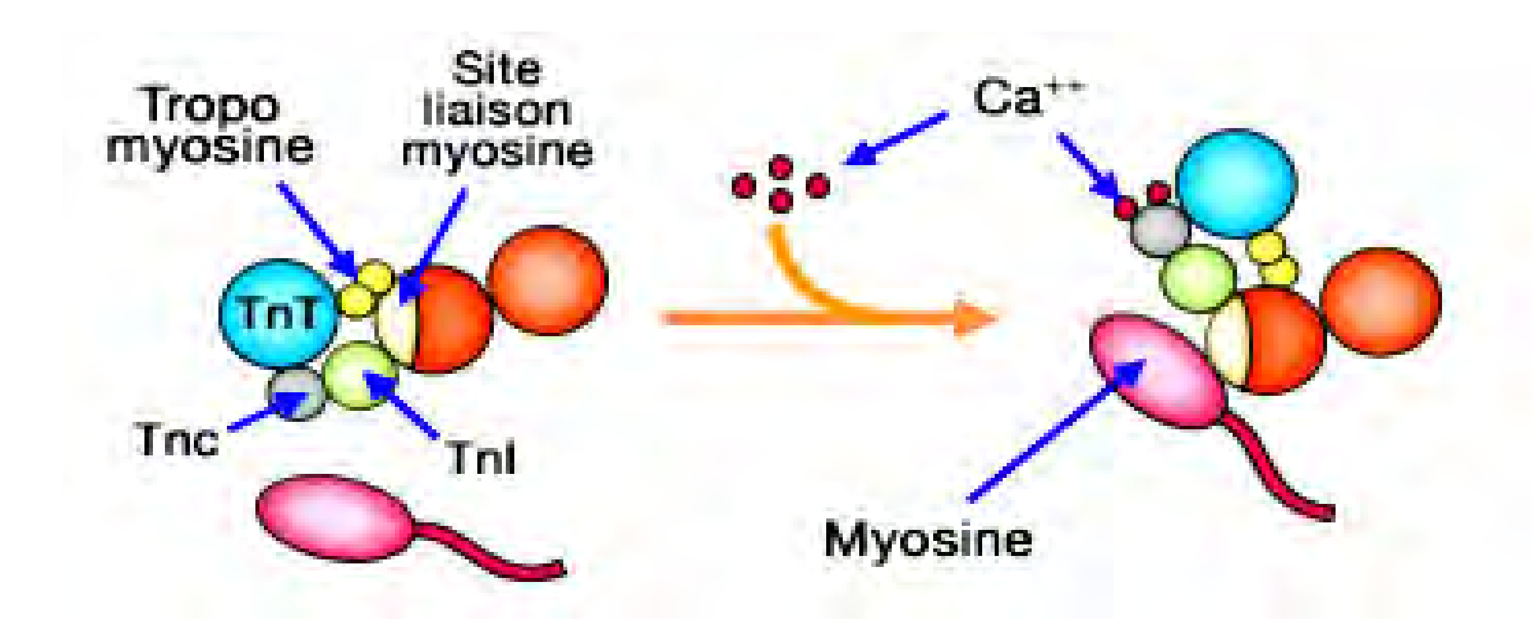
## Le Ca++ est la molécule clé dans l'interaction actine – têtes de myosine




**La propagation de l'influx aux membranes du RS induit la libération du Ca$^{++}$stocké**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Le changement conformationnel des Tn démasque les sites de liaison de la myosine sur l'actine

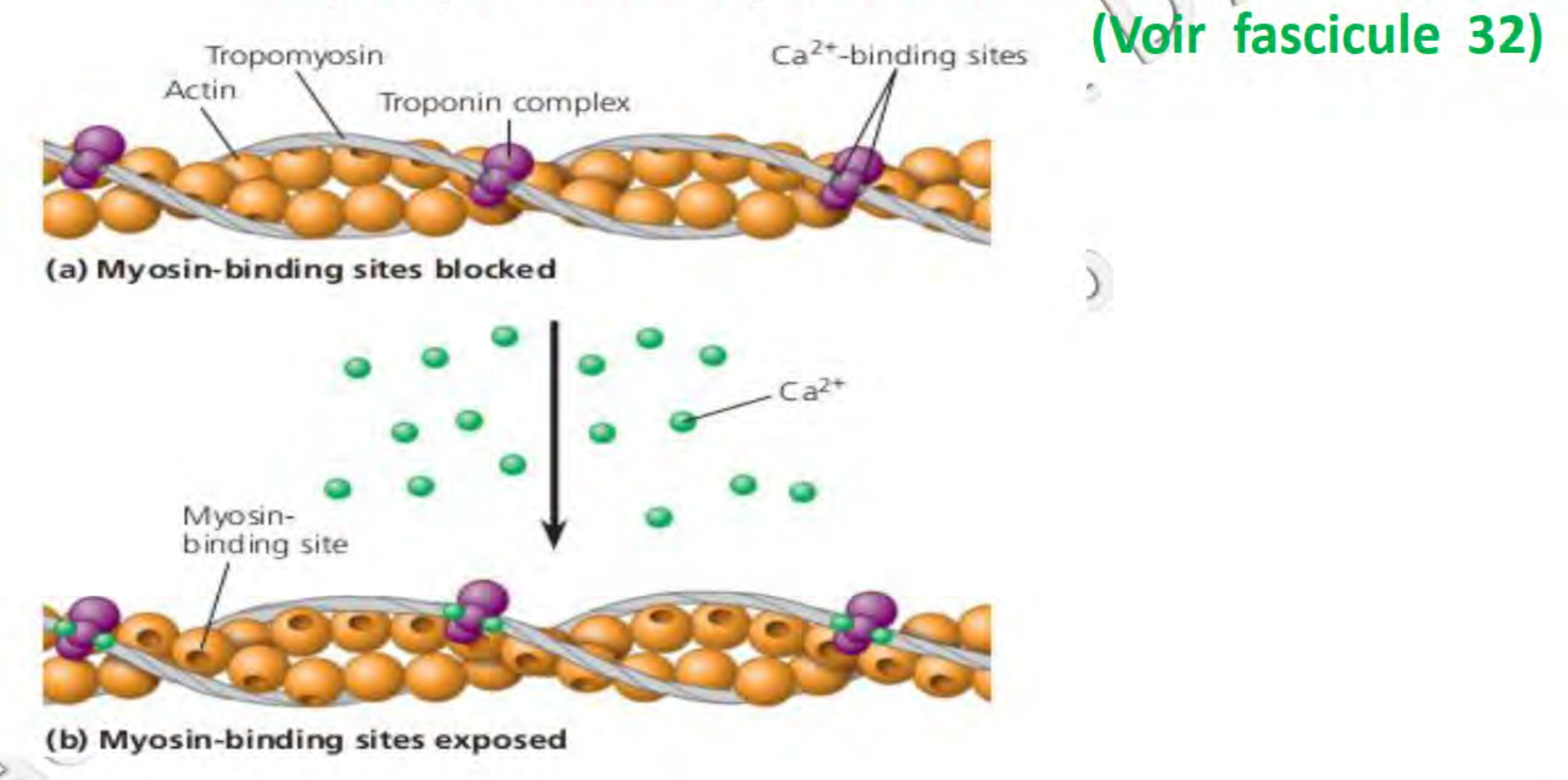



**L'ion $Ca^{++}$ se fixe à la Tn C et inhibe son interaction avec les TnI et TnT Par conséquent, la position de la tropomyosine sur le filament d'actine change**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

**l'interaction myosine –actine est facilitée par la déviation de la tropomyosine de sa position initiale**

(Voir fascicule 32)




**Les sites de fixation des têtes de myosine sur les monomères sont maintenant accessibles**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Déroulement de la contraction

### Phase d'activation des têtes



**La phosphorylation active les têtes de myosine et modifie leur orientation**

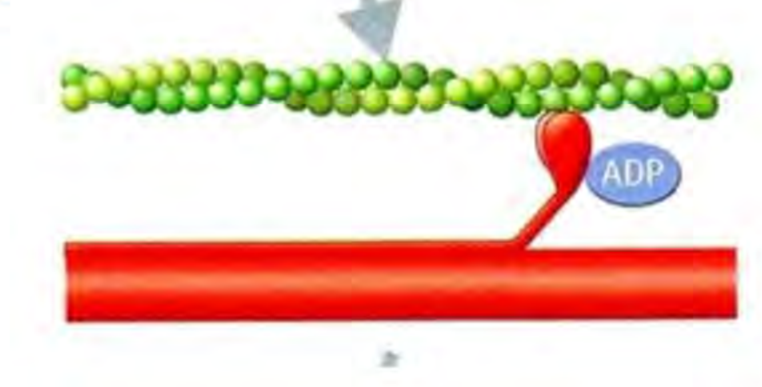


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Déroulemnt de la contraction

### Phase de fixation

Les têtes activées forment des ponts d'union avec l'actine

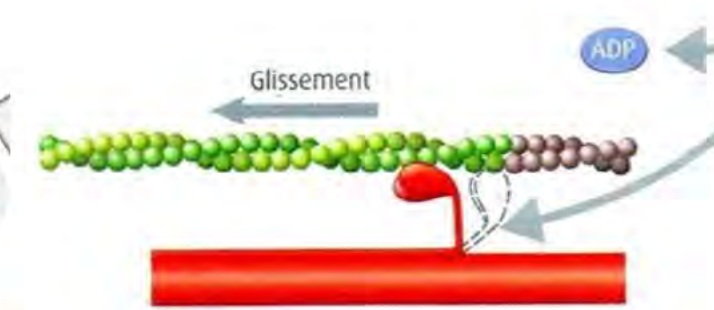


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Déroulemnt de la contraction

### Phase de désactivation

**La libération de l'ADP, induit le pivotement de la tête entrainant le glissement du filament d'actine vers le centre du sarcomère**



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Déroulemnt de la contraction

### Phase de séparation

Actine

ATP

Myosine

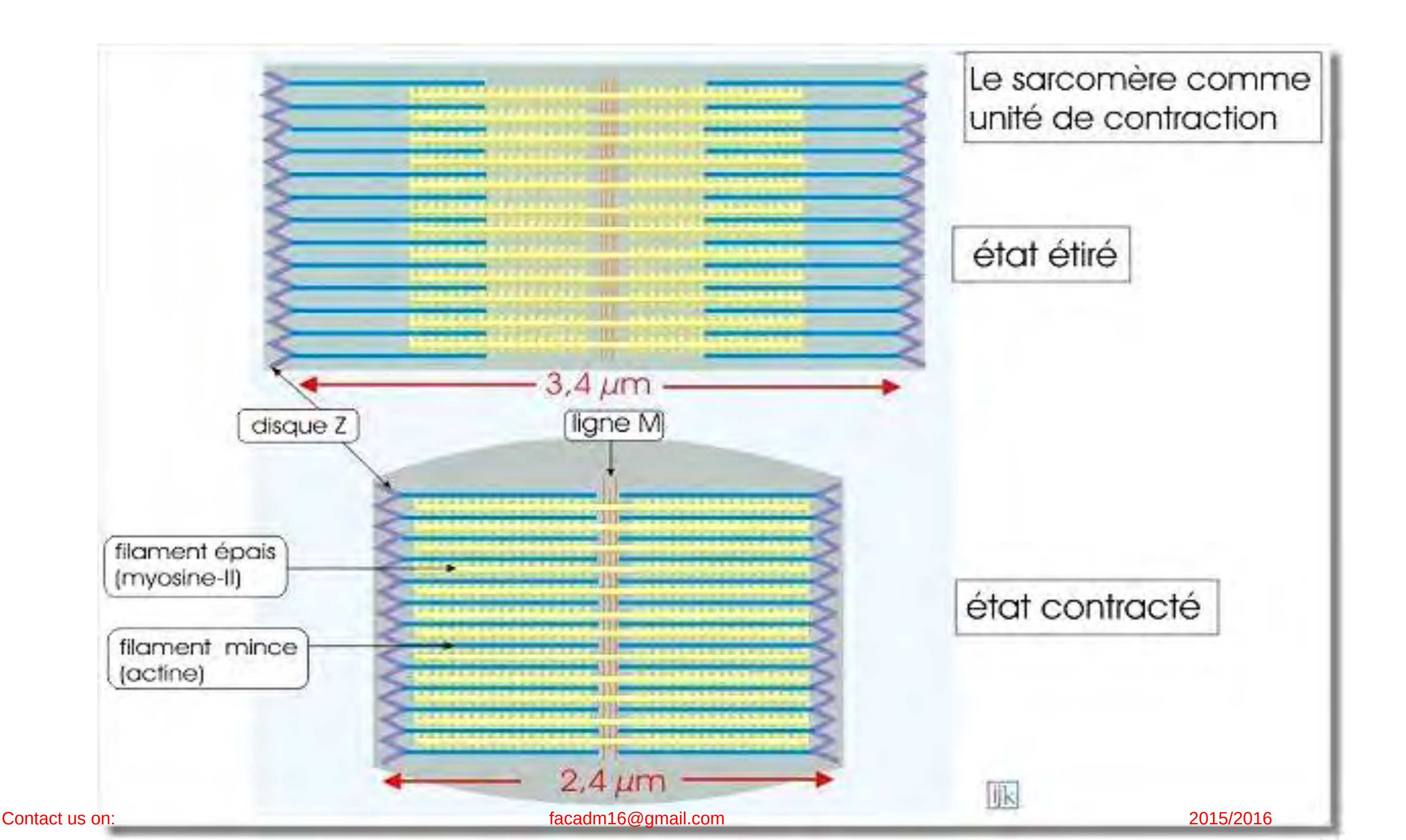
ATP

L'arrivée d'une nouvelle molécule d'ATP provoque la rupture de l'interaction et un autre cycle reprend

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

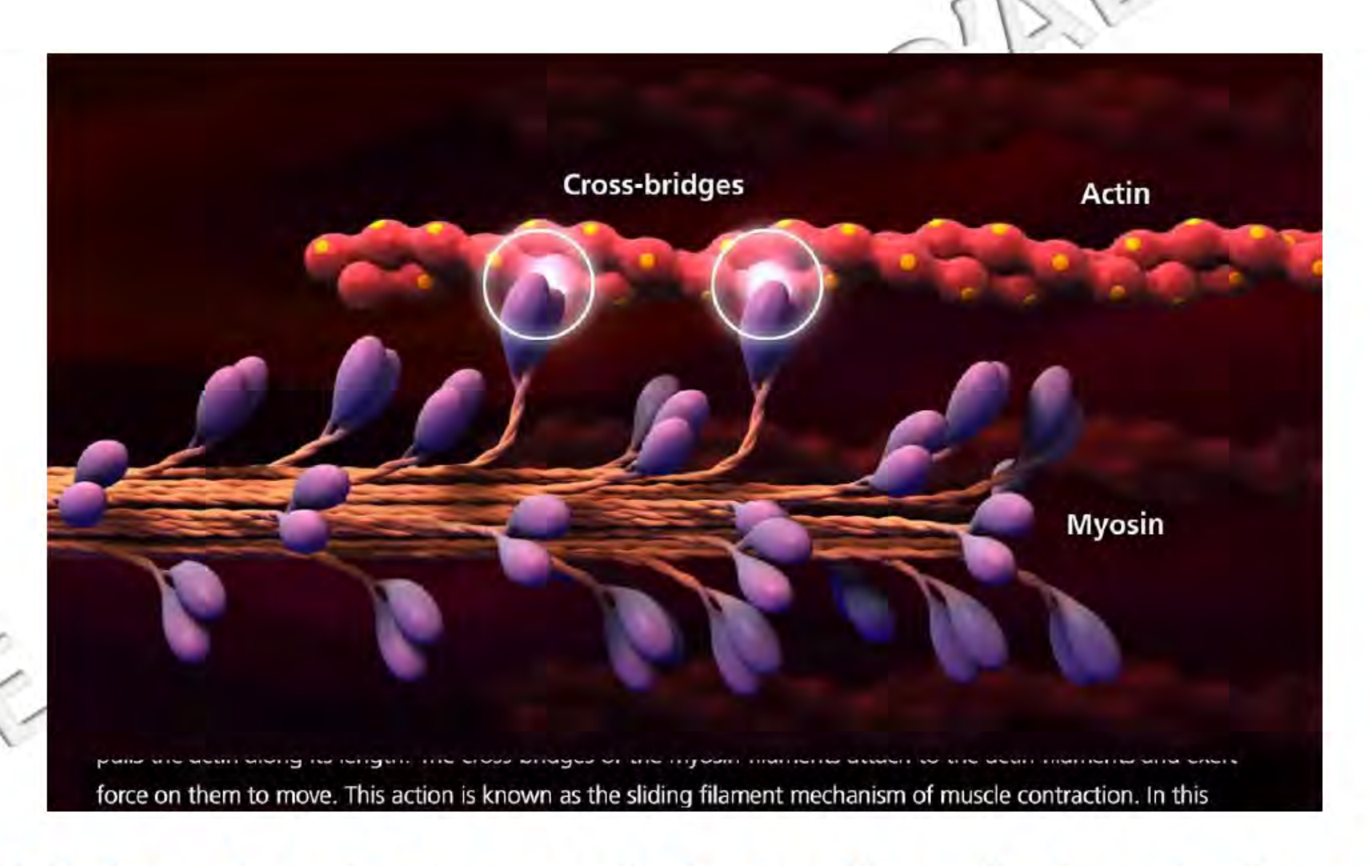
## En conséquence du glissement des MFF, le sarcomère se raccourcit

(voir fascicule p 32 )



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la contraction du muscle squelettique.

## Remarque



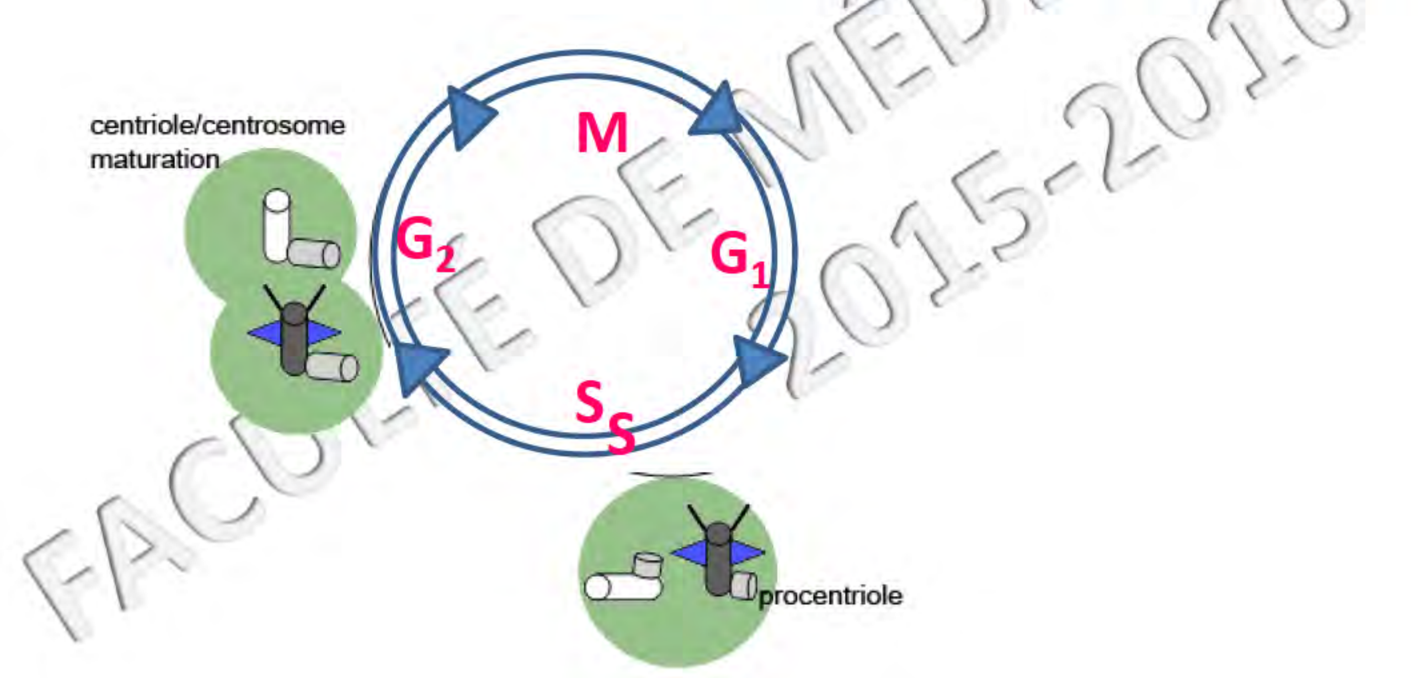

**L'absence d'ATP dans la cellule empêche la dissociation Actine – myosine ceci s'observe à la mort: c'est la rigidité cadavérique**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Mise en place du fuseau mitotique

### A l'interphase

- En phase S duplication des centrioles
- En phase G2, la matrice de MAPs entoure chaque paires de centrioles

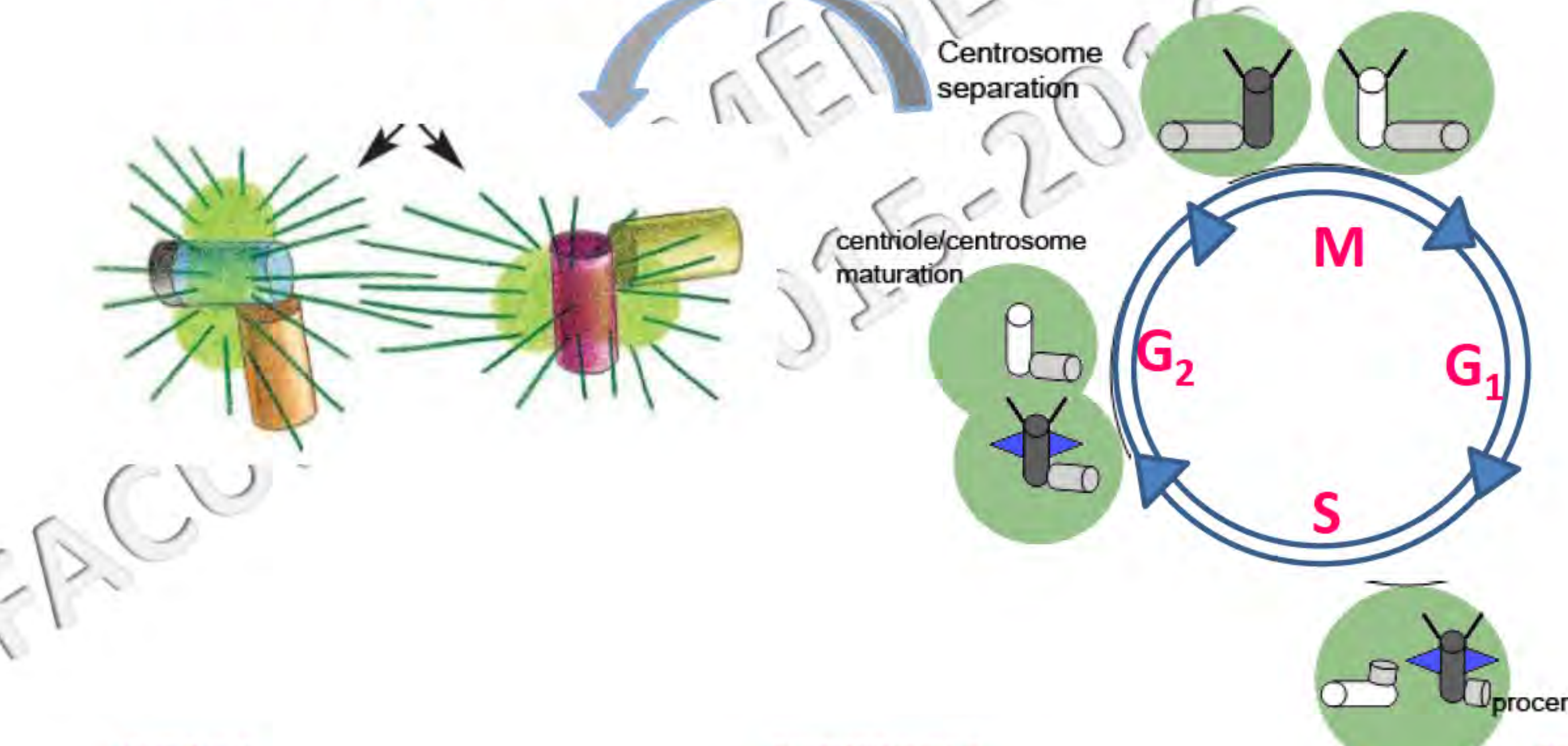


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Mise en place du fuseau mitotique

### Pendant la mitose

**A la prophase, débute la polymérisation de MT à partir du COMT conduisant à la séparation des deux couples de centrioles en direction des futurs pôles de la cellule**

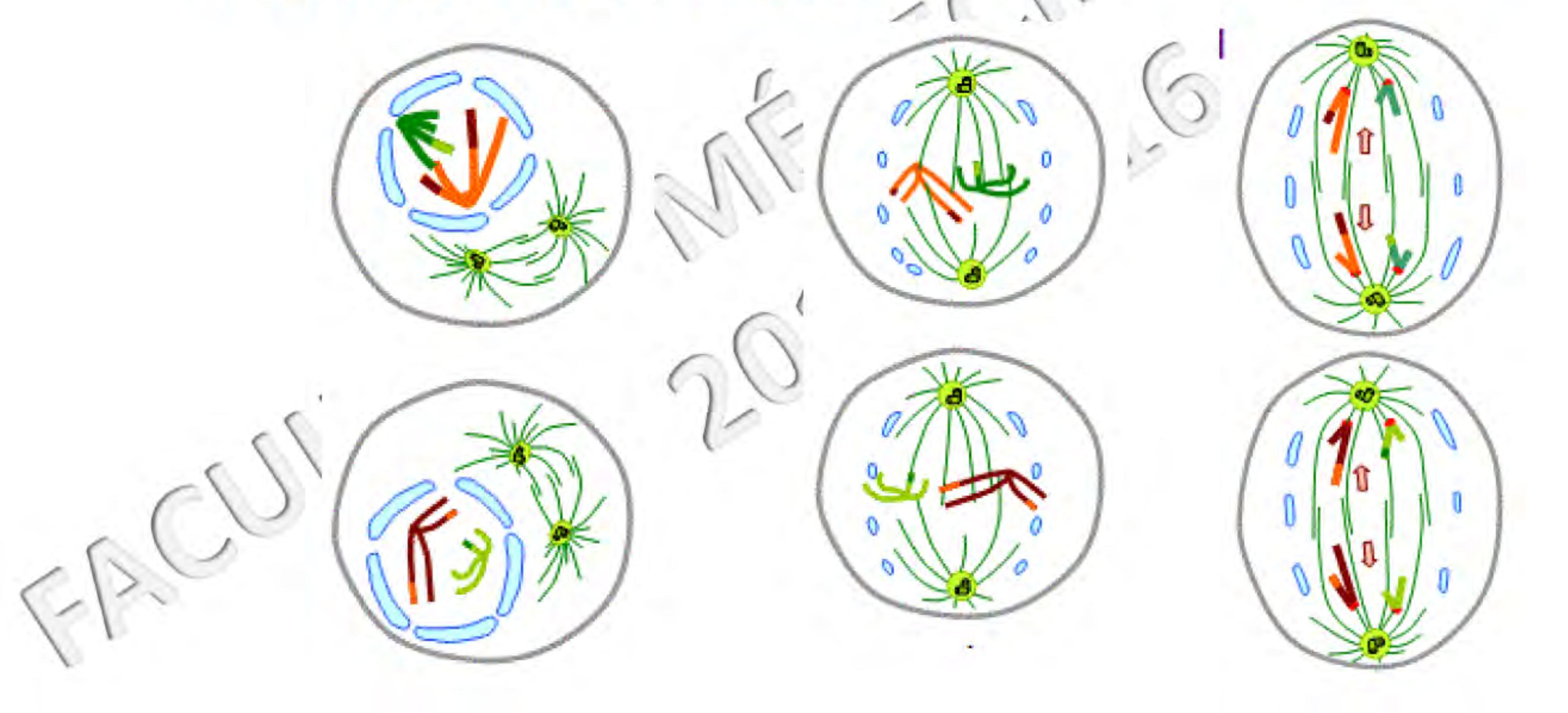


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Mise en place du fuseau mitotique

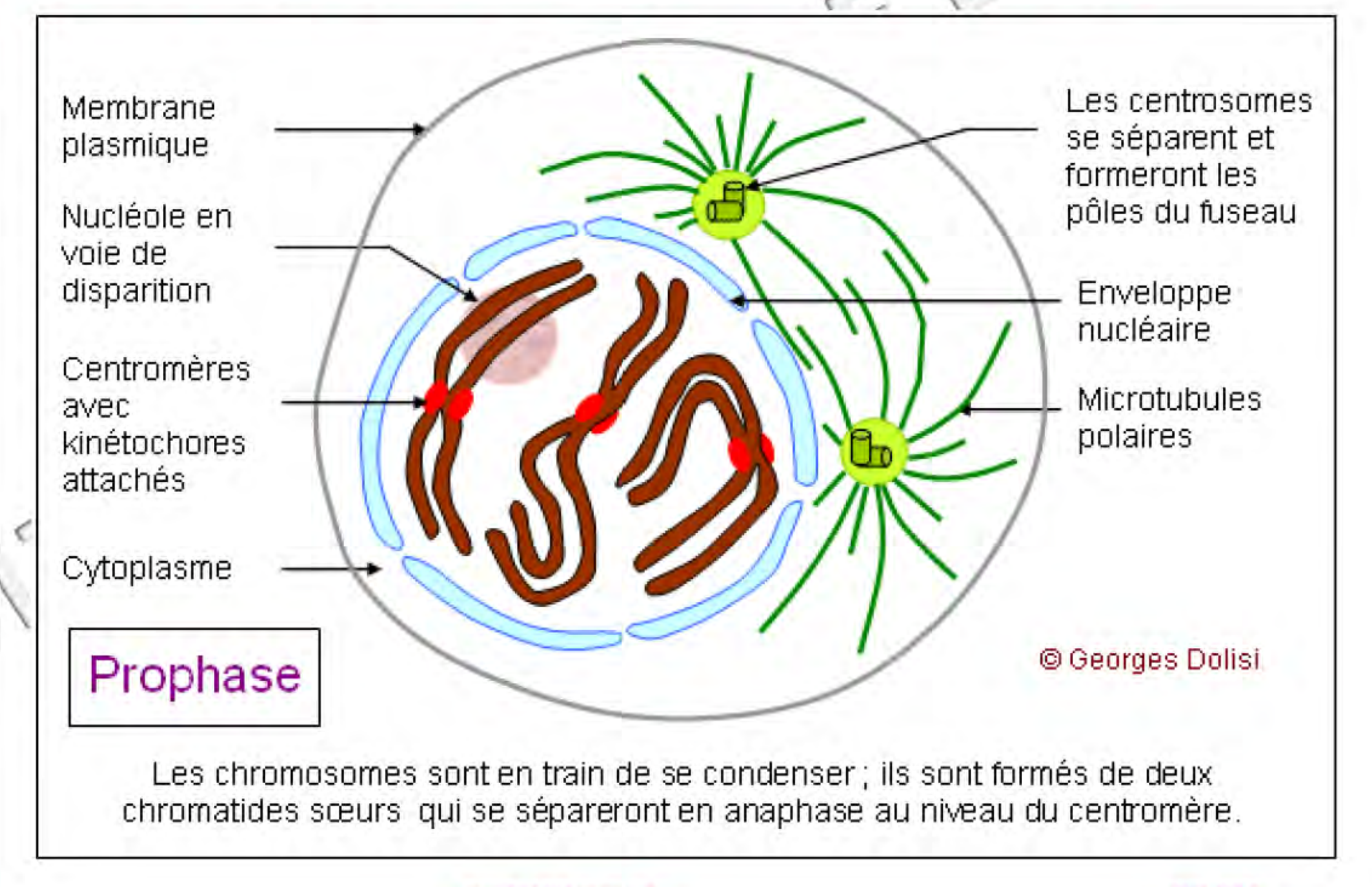
### Pendant la mitose

**A la métaphase , le fuseau est étendu entre les 2 pôles de la cell.**
**3 variétés de MT s'individualisent :**



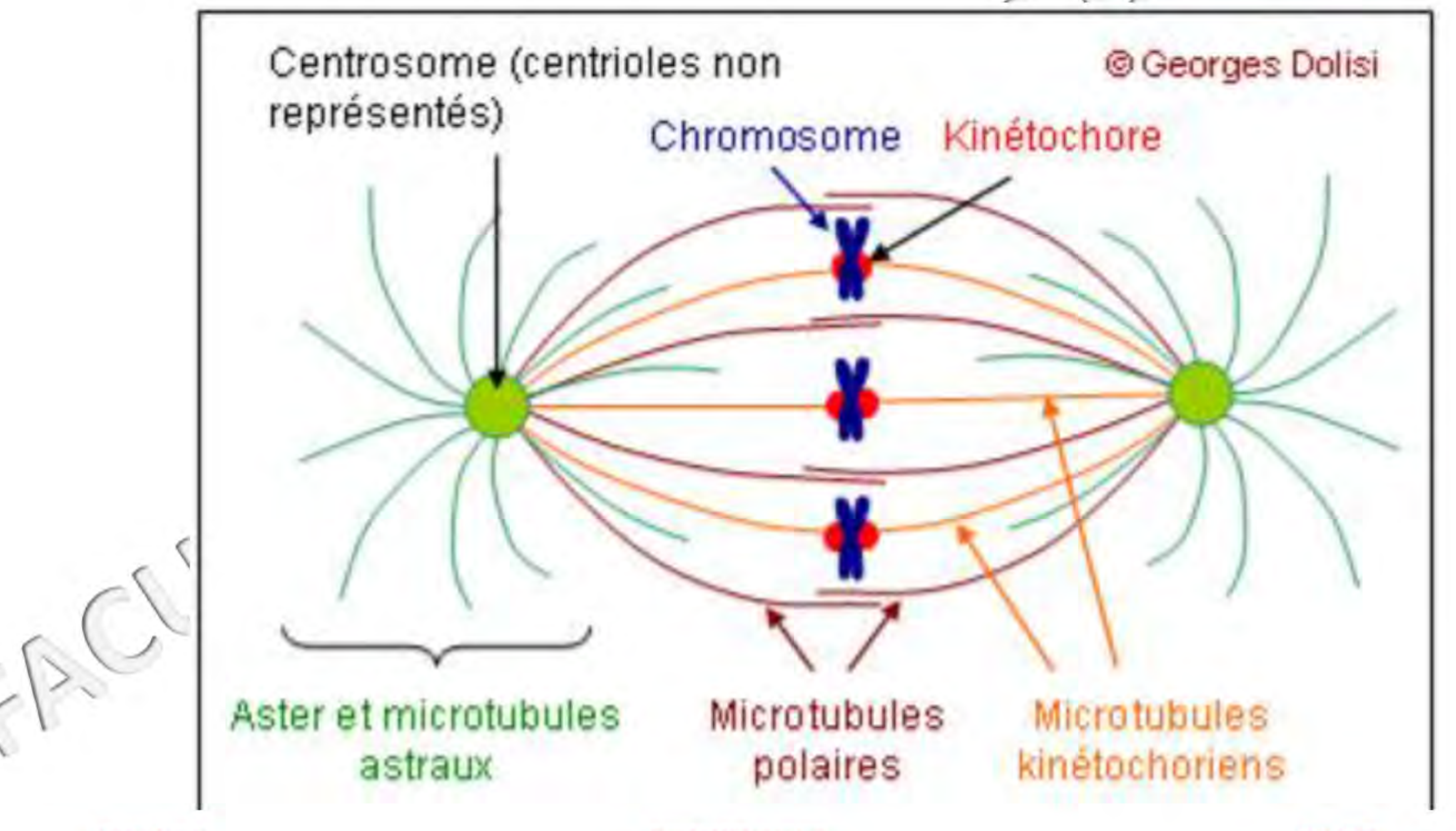
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## A la prophase : apparition des MT astraux et polaires



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## A la métaphase, le fuseau est formé de 3 types de MT



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Origine des MT du fuseau

Matrice de MAPs (COMT)
Accompagnant les doublets
de centrioles aux pôles

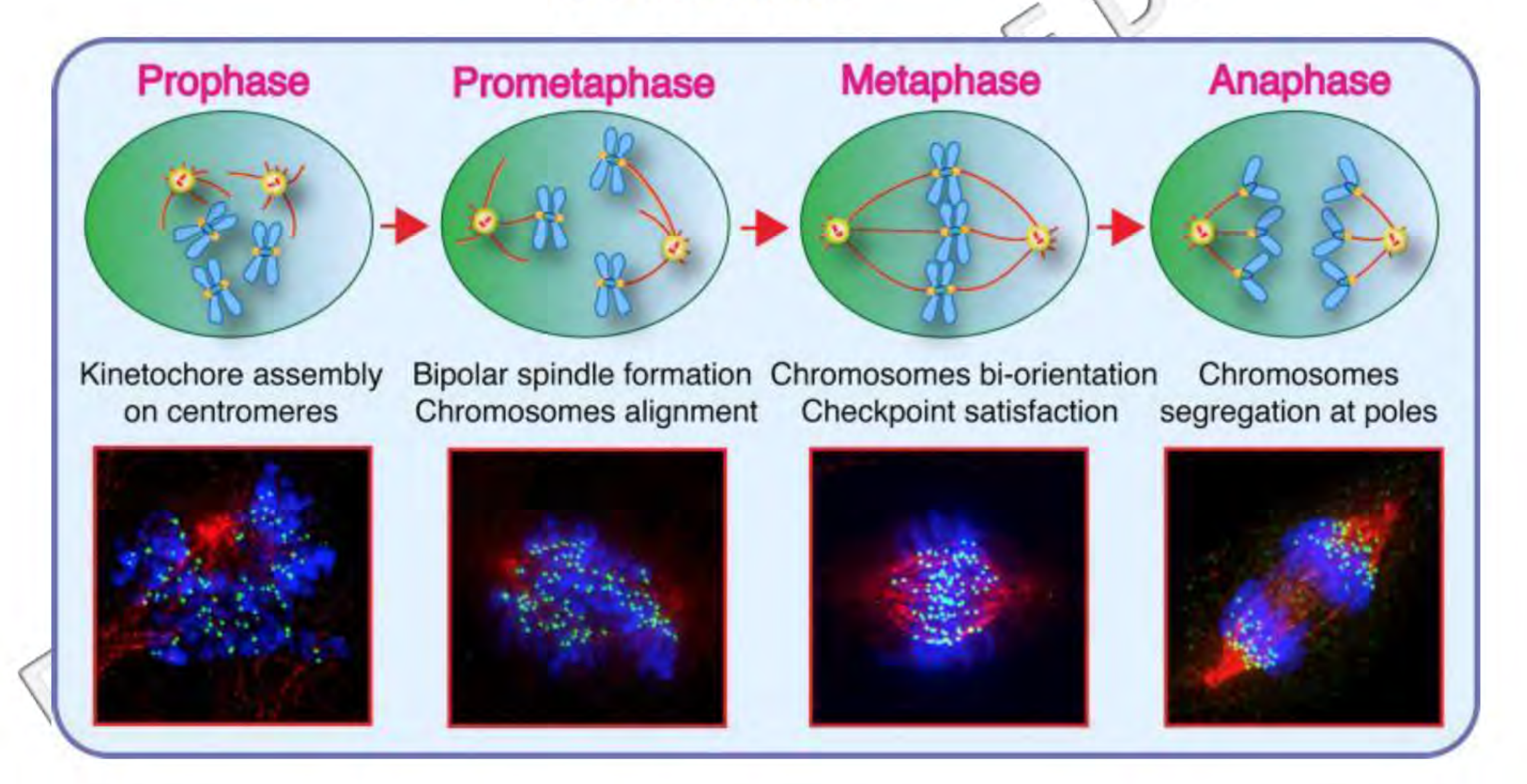
MT astraux
limités
aux 2 pôles

MT polaires
tendent à relier
les 2 pôles

MT kinétochoriens
attachés aux
chromatides filles

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

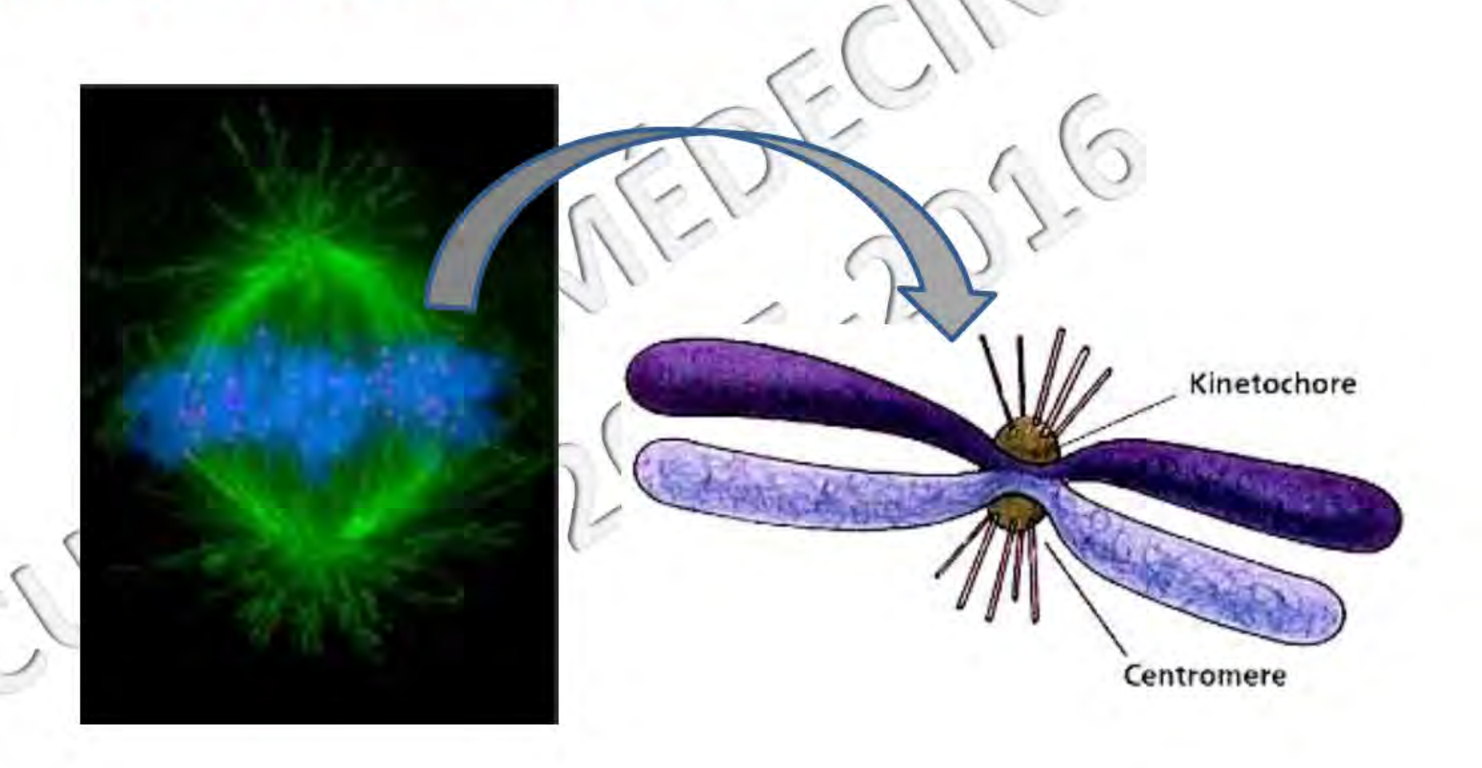
## Elongation de MT à partir du COMT en direction des Kinetochores



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

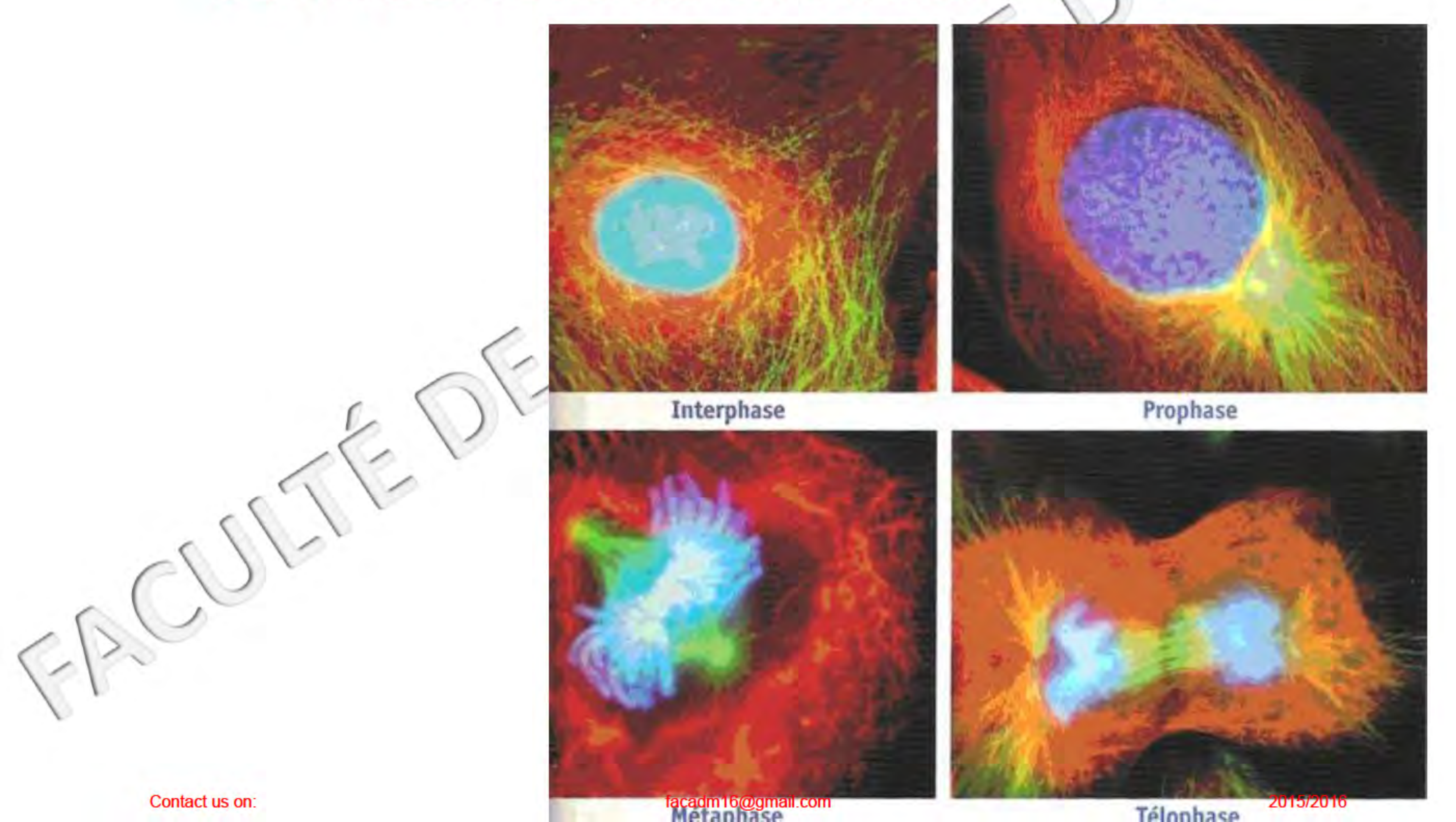
**A la métaphase, le chromosome est formé de deux chromatides filles reliés au niveau du centromère. Celui-ci porte un complexe protéique: le Kinetochores**





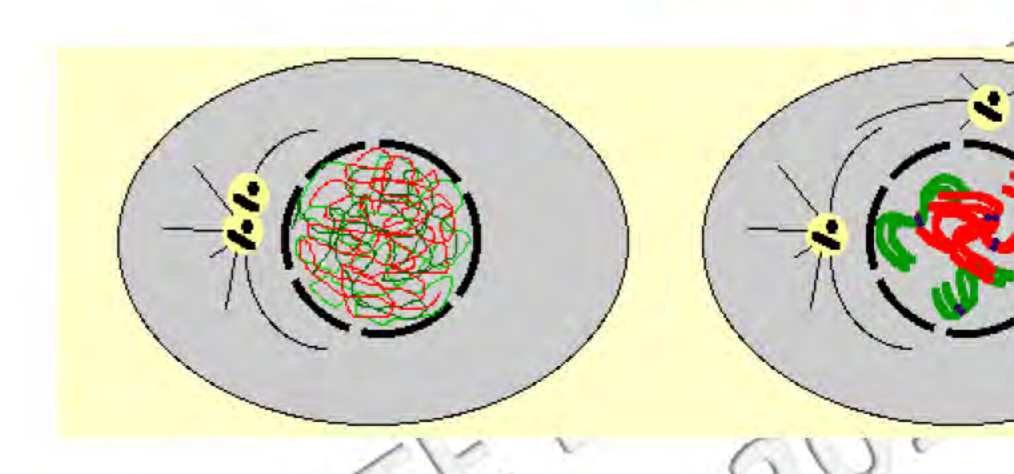
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

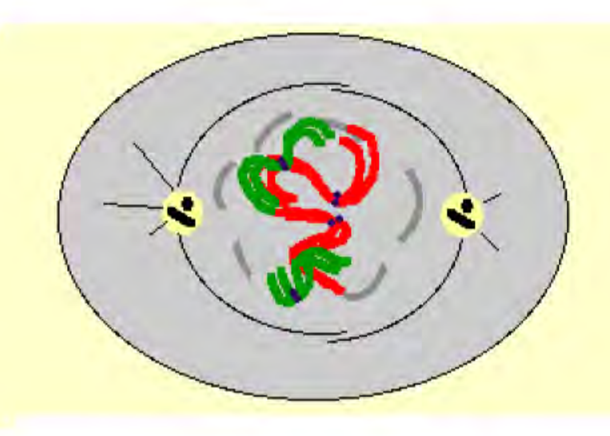
## Visualisation du fuseau mitotiques par marquage à la tubuline en immunofluorescence



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Etapes de la mitose et dynamique des MT du fuseau mitotique



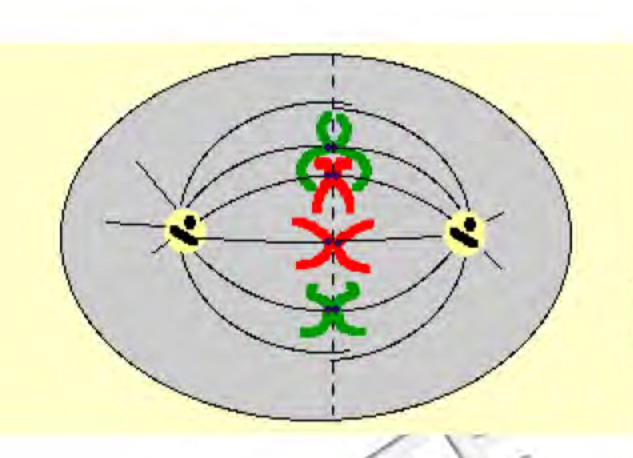


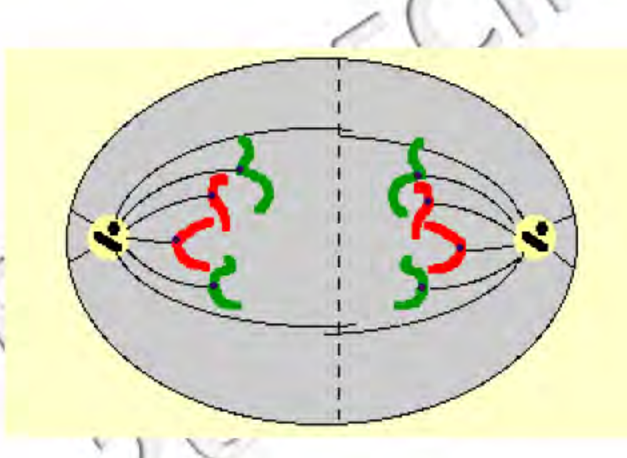
Interphase (S)

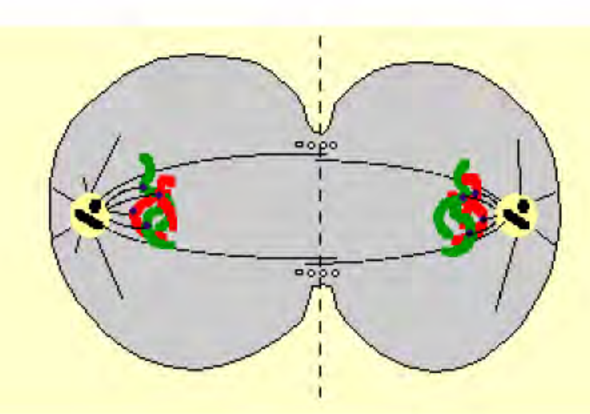
Prophase

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Etapes de la mitose et dynamique des MT du fuseau mitotique









Métaphase

Anaphase

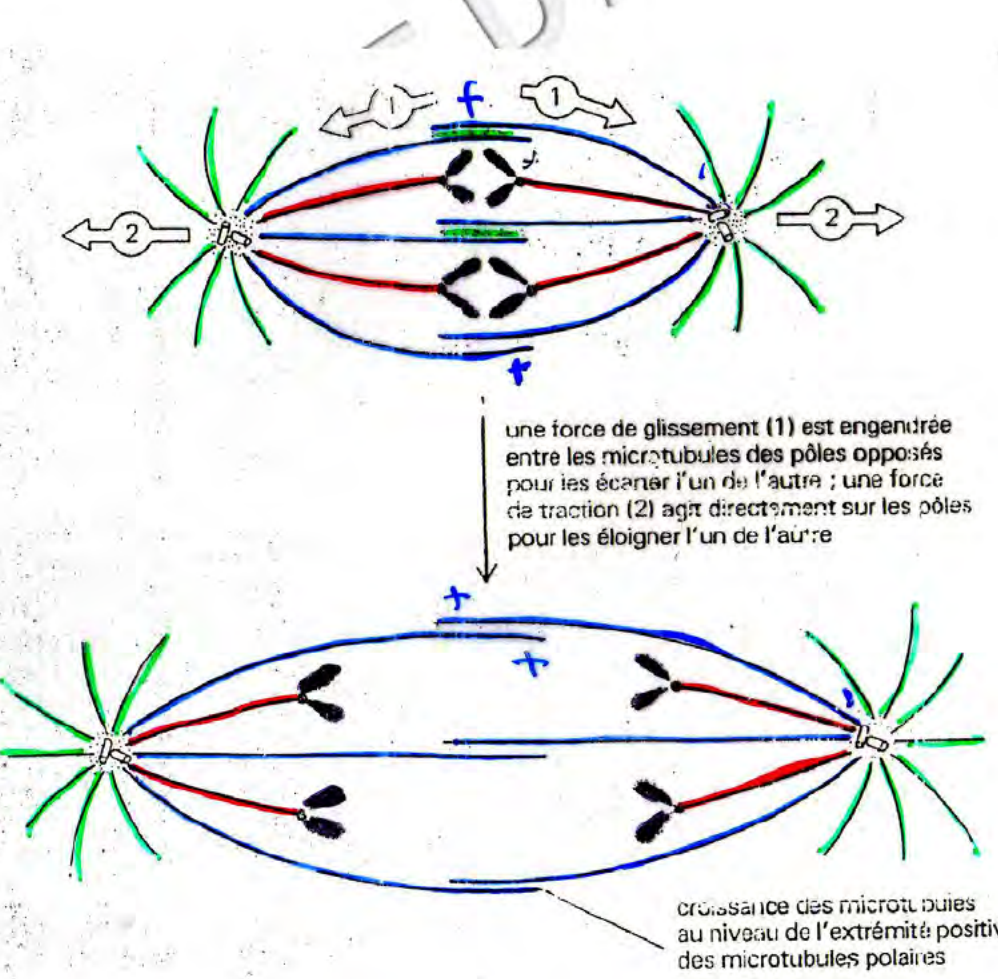
télophase

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## Dynamique des MT du fuseau au cours de l'anaphase

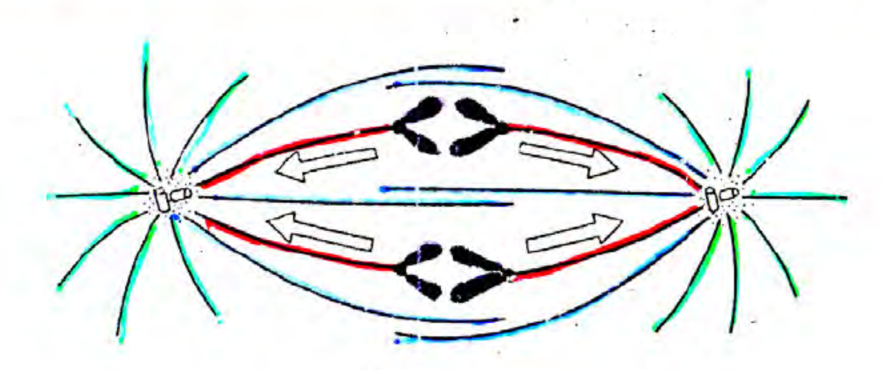
### ANAPHASE A (début )

**Polymérisation des MT polaire: allongement du fuseau et éloignement des 2 pôles**



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## ANAPHASE B (fin)



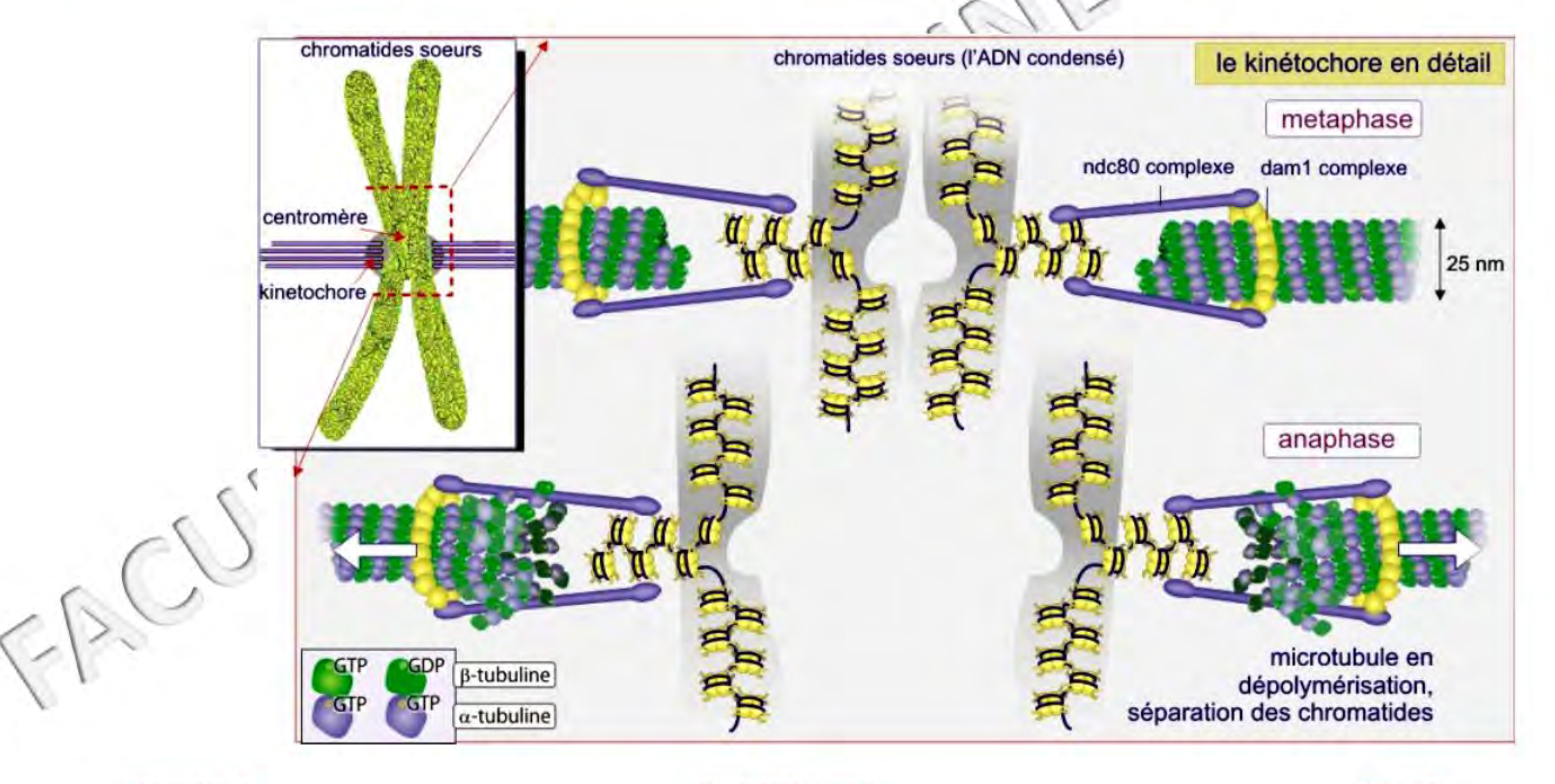
raccourcissement des microtubules kinétochoriens : mouvement des chromatides vers les pôles



**Dépolymérisation des MT kinétochoriens: rapprochement des chromatides des pôles**

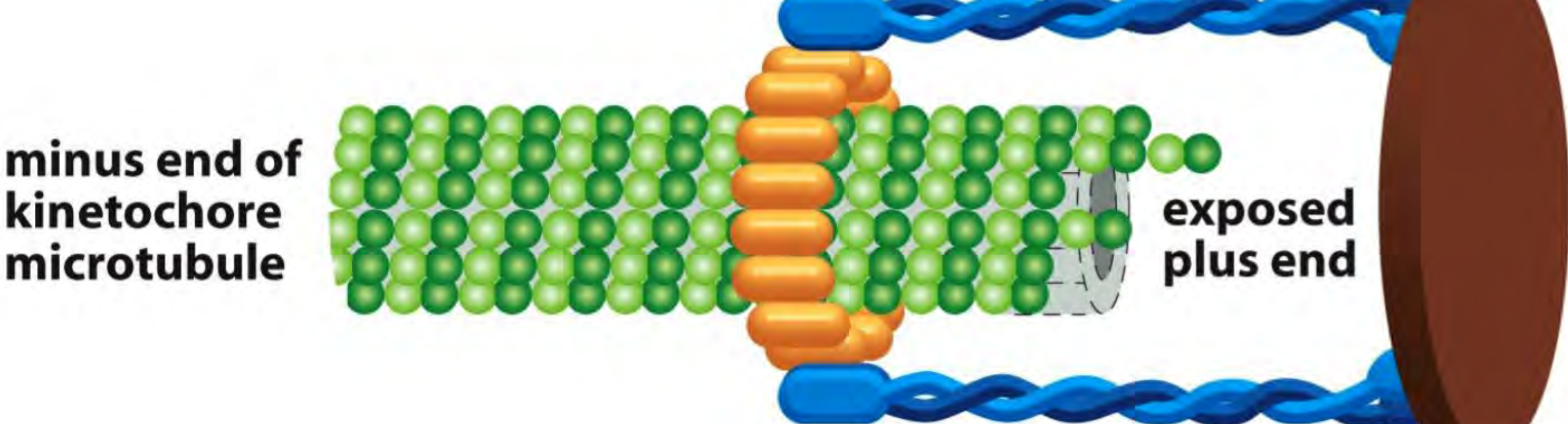
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

**les protéines du kinétochore retiennent chaque chromatide au MT kinétochoriens exercant une traction pour son ascension au pôle**



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

## L'effet attractif des protéines du kinétochore est simultané à la dépolymérisation de l'extrémité (+) du MT kinétochorien



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

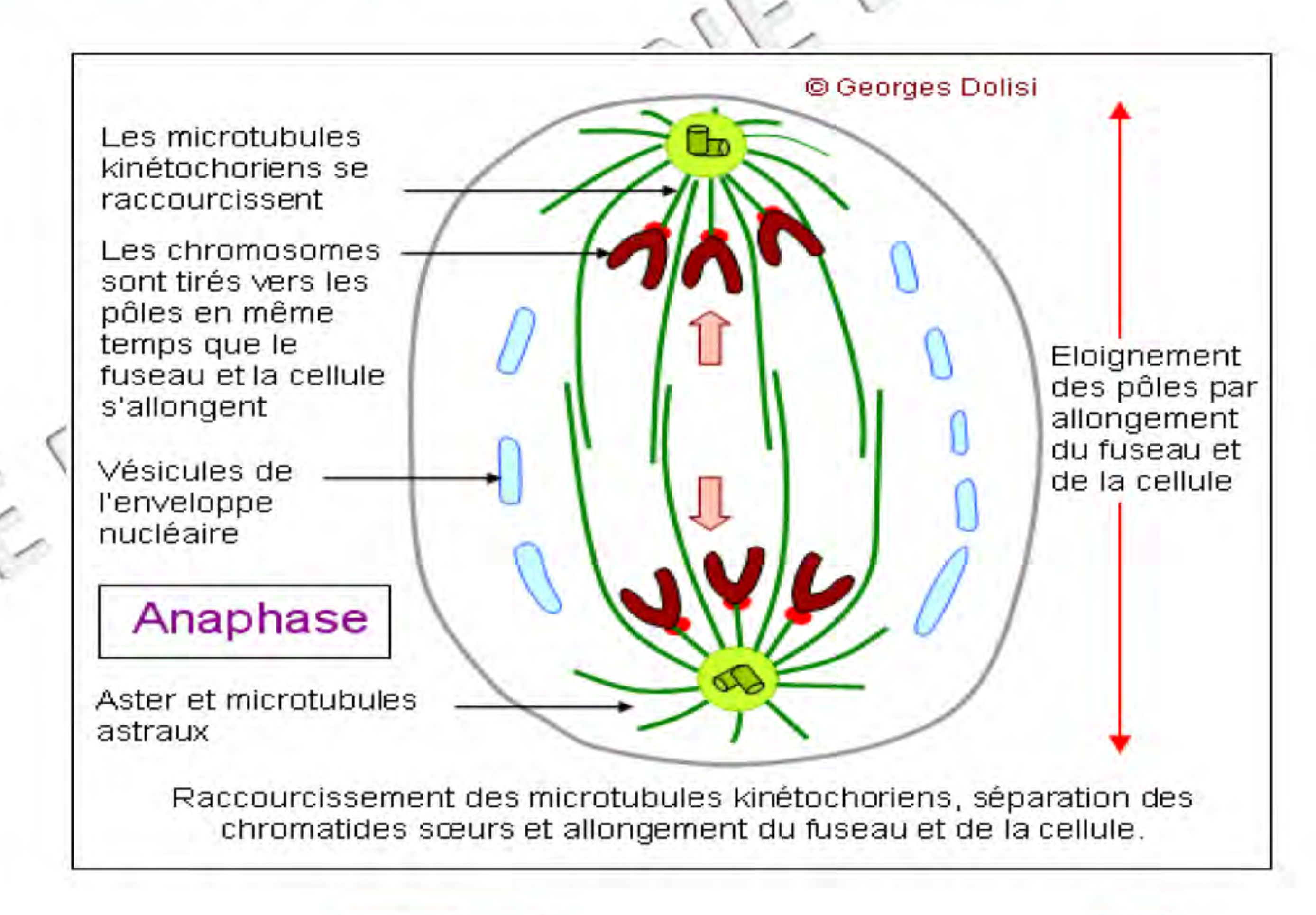


## Récapitulatif

L'ascension des chromatides vers chaque pôle est la résultante de la polymérisation des MT polaire et la dépolymérisation des MT kinétochoriens

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

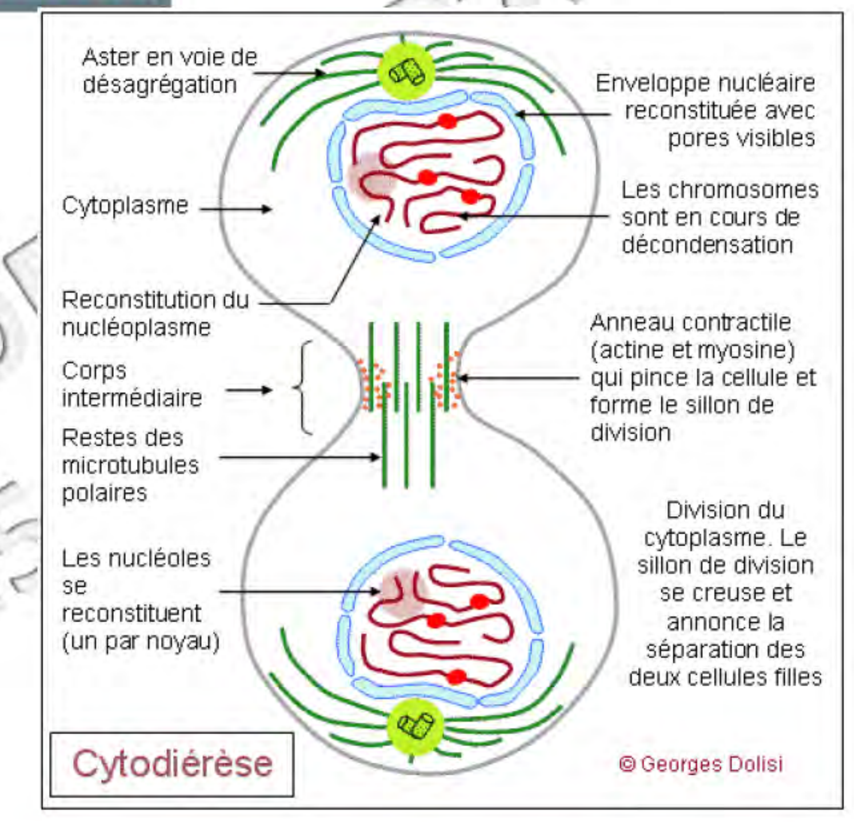
A la fin de la l'anaphase, les MT du fuseau régressent et l'enveloppe nucléaire se reconstituera à **la télophase**



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans séparation des cellules filles par cytodirèse

## Dynamique de la cytodiérèse

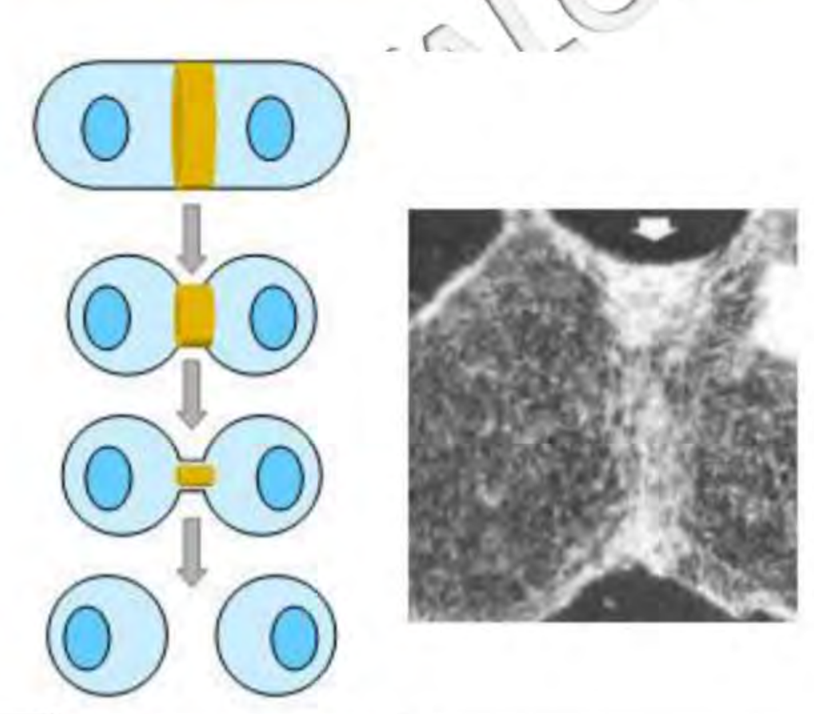


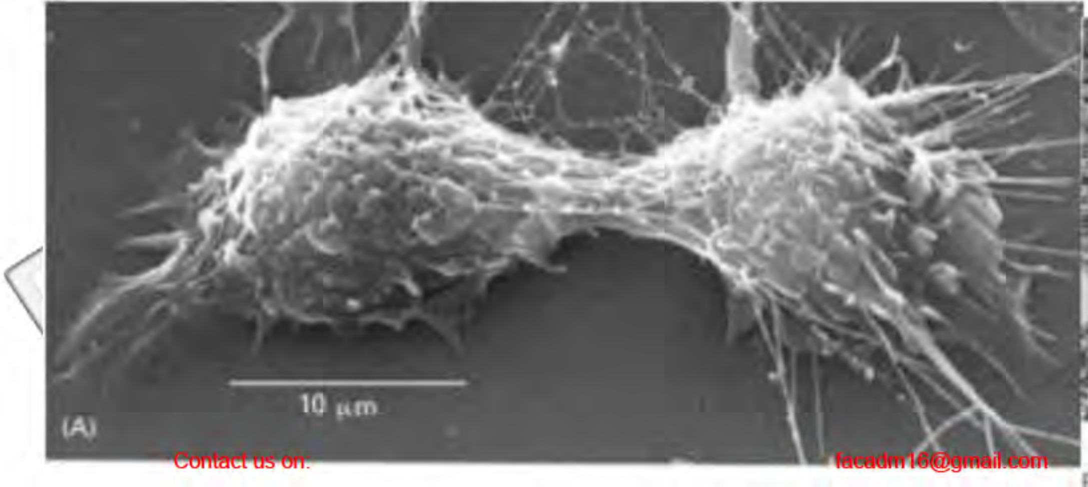


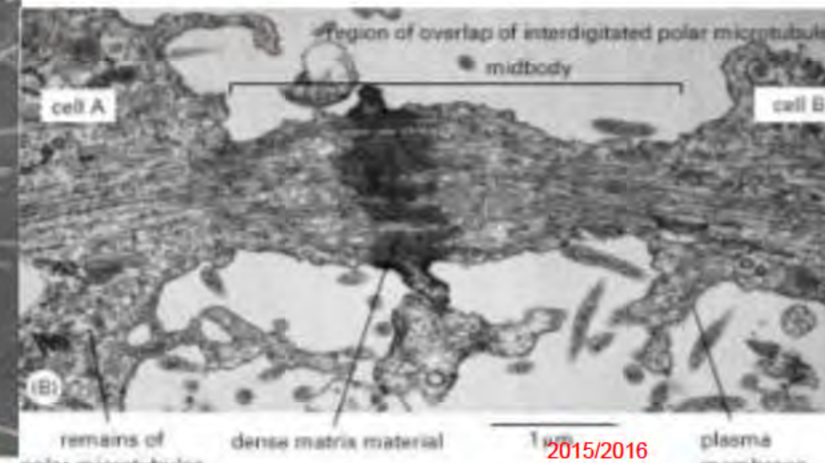

**Cytodiérèse = étranglement de la cellule mère et apparition des deux cellules filles**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

**Anneau contractile :**
faisceau large d'actine
+
myosine II



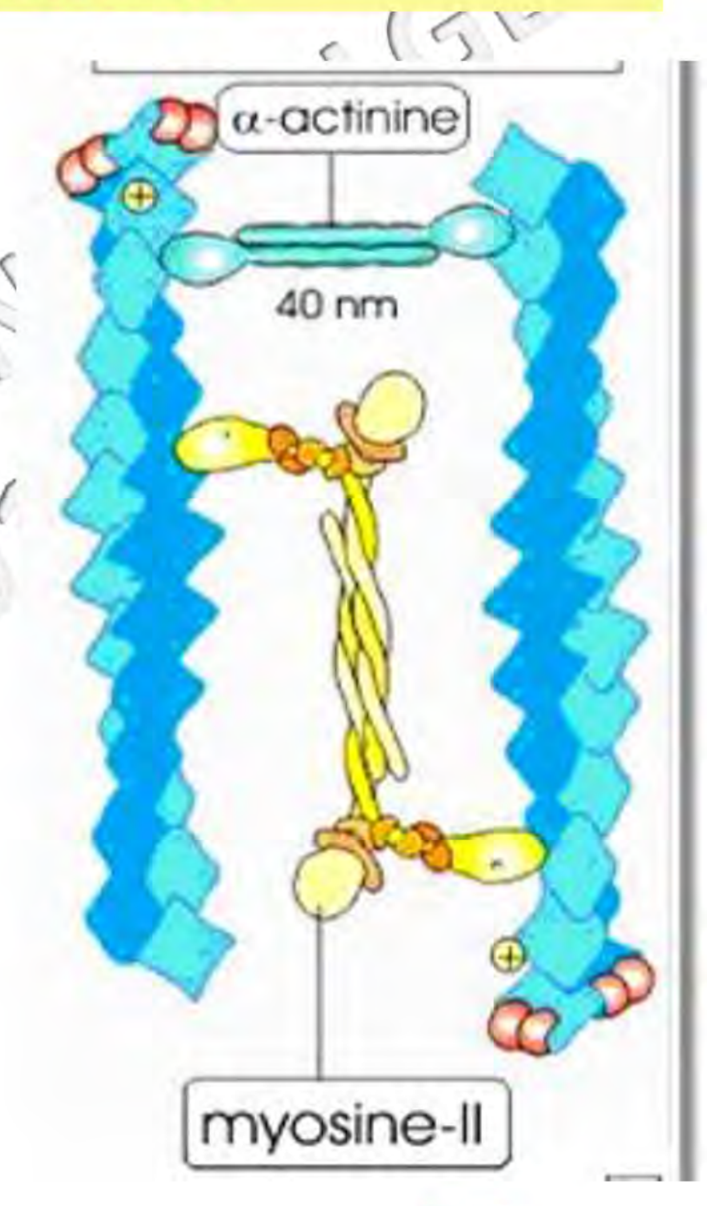


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans la migration des chromosomes

**L'anneau de cytodièrese,
se contracte par interaction entre
le faisceau large de MFF et les filaments
bipolaires de de myosine II**





# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

Transport vésiculaire

**Endocytose**

MFF+ profiline

MT + Dynéines

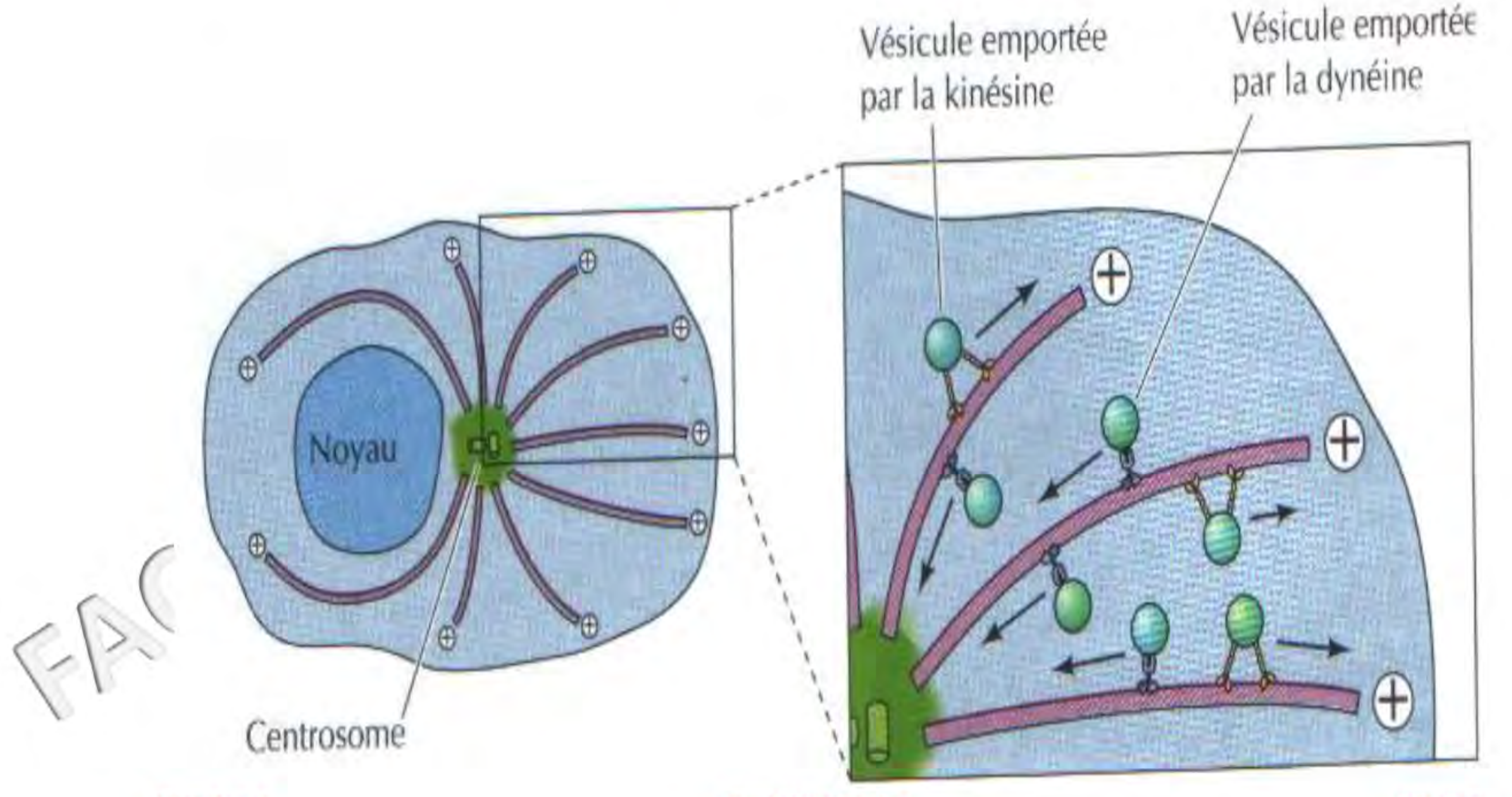
**Exocytose**

MT + Kinésines

MFF+ gelsoline
+ myosine I

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

## Transport vésiculaire au sein de la cellule sur les MT via les MAP motrices: dynéines et Kinésines



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

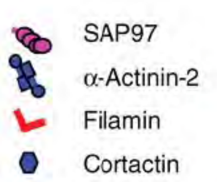
## Dans le cortex sous membranaire , les MFF et leurs protéines associées prennent le relais



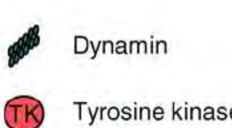


Kir2.1
Kv2.1
Kv1.5
Kv4.2

Clathrin coat
Caveolin coat
SNARE complex



SAP97
α-Actinin-2
Filamin
Cortactin

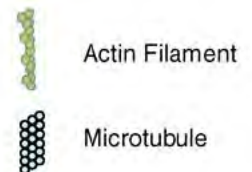


Dynamin



Tyrosine kinase
EEA1

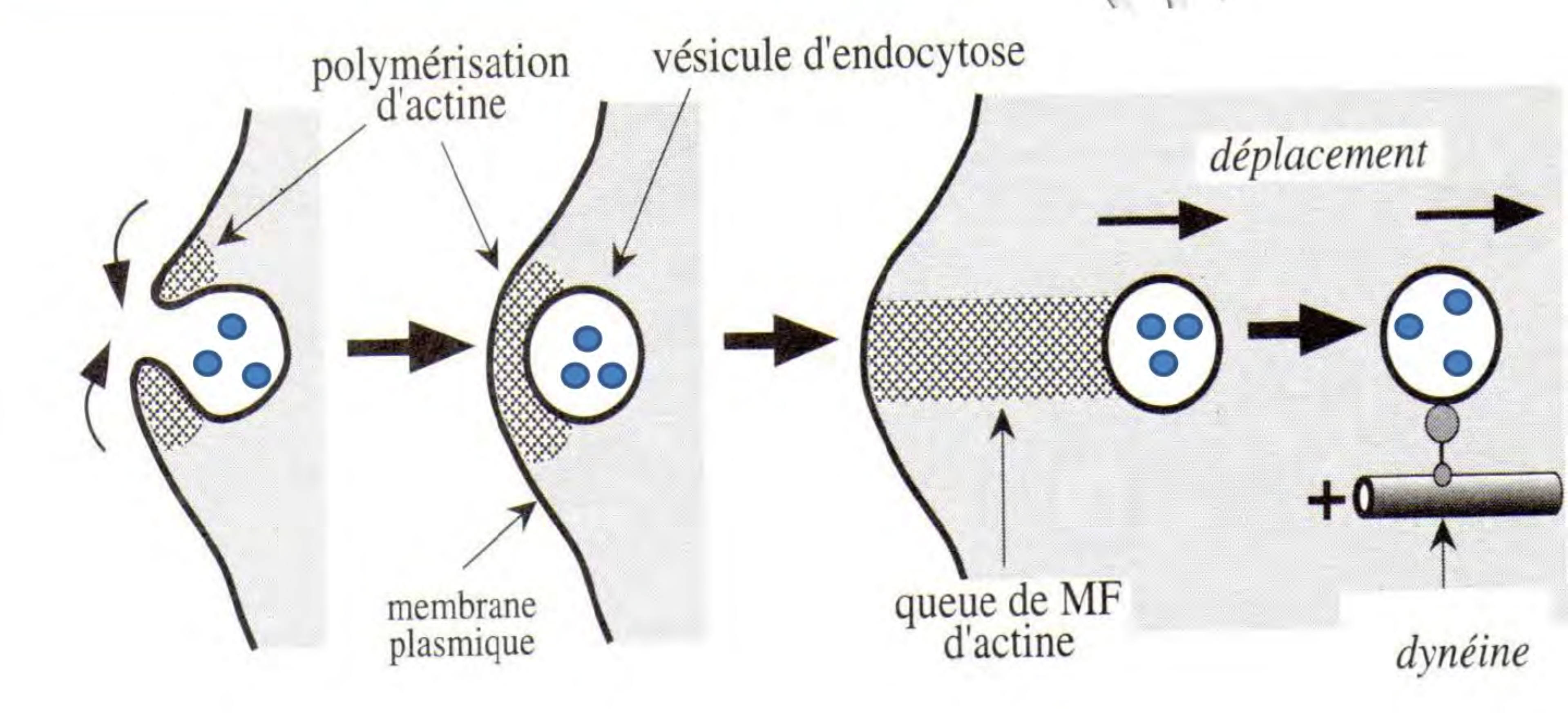
Dynein
Kinesin



Actin Filament
Microtubule

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

## Mécanisme de l'endocytose



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire




gelsoline + Ca++ → Désagrégation locale du cortex cellulaire → Transport vers la membrane plasmique (actine + myosine " courte ") → Fusion des membranes + Exocytose

myosine courte

membrane plasmique

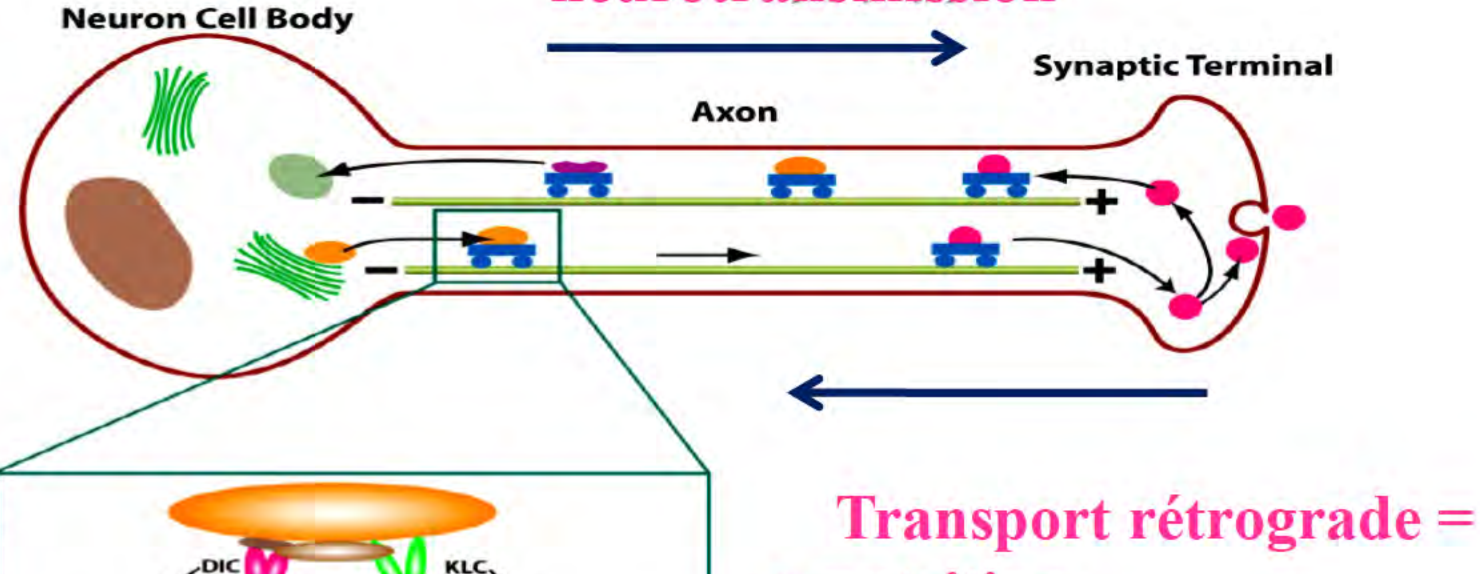
microtubule + *kinésine*

réseau radiaire de MF d'actine

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le transport axonal

## Transport axonal

Transport antérograde = neurotransmission

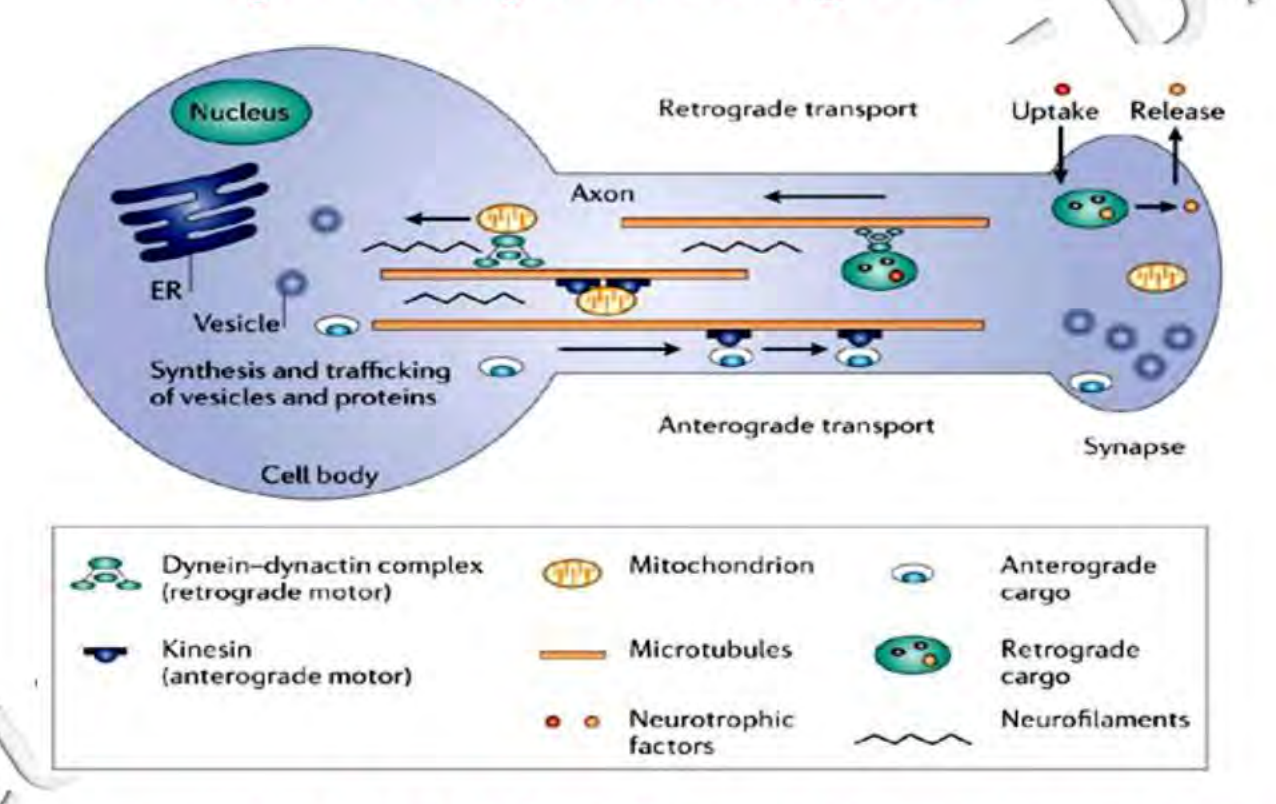



Transport rétrograde =

- nutrition
- renouvellement des organites du neurone

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

## Les vésicules synaptiques arrivent à la terminaison par transport antérograde




## Les mitochondries sénescentes et les endosomes sont recyclés par transport rétrograde

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

## Mécanisme similaire à celui du déplacement de l'amibe

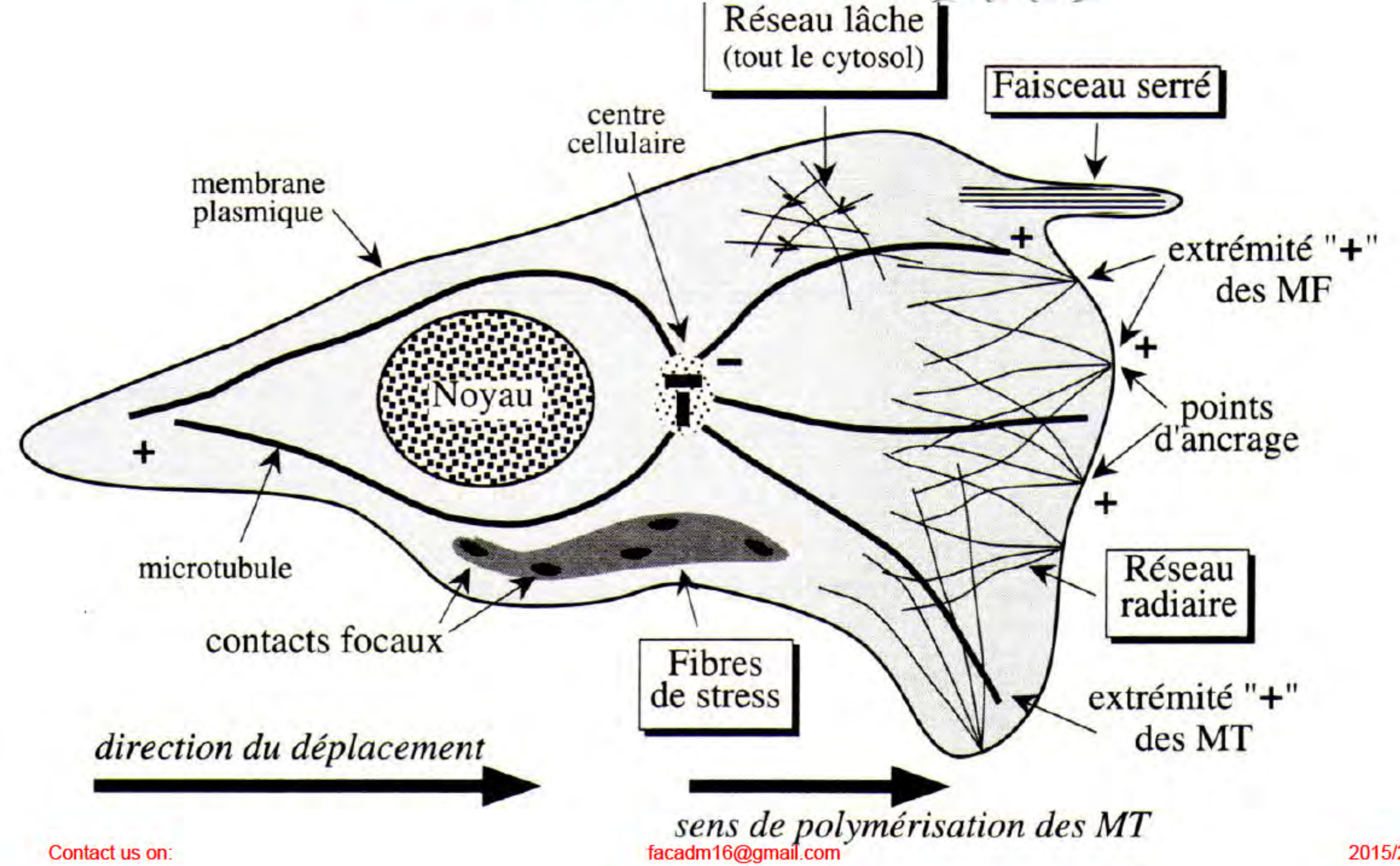




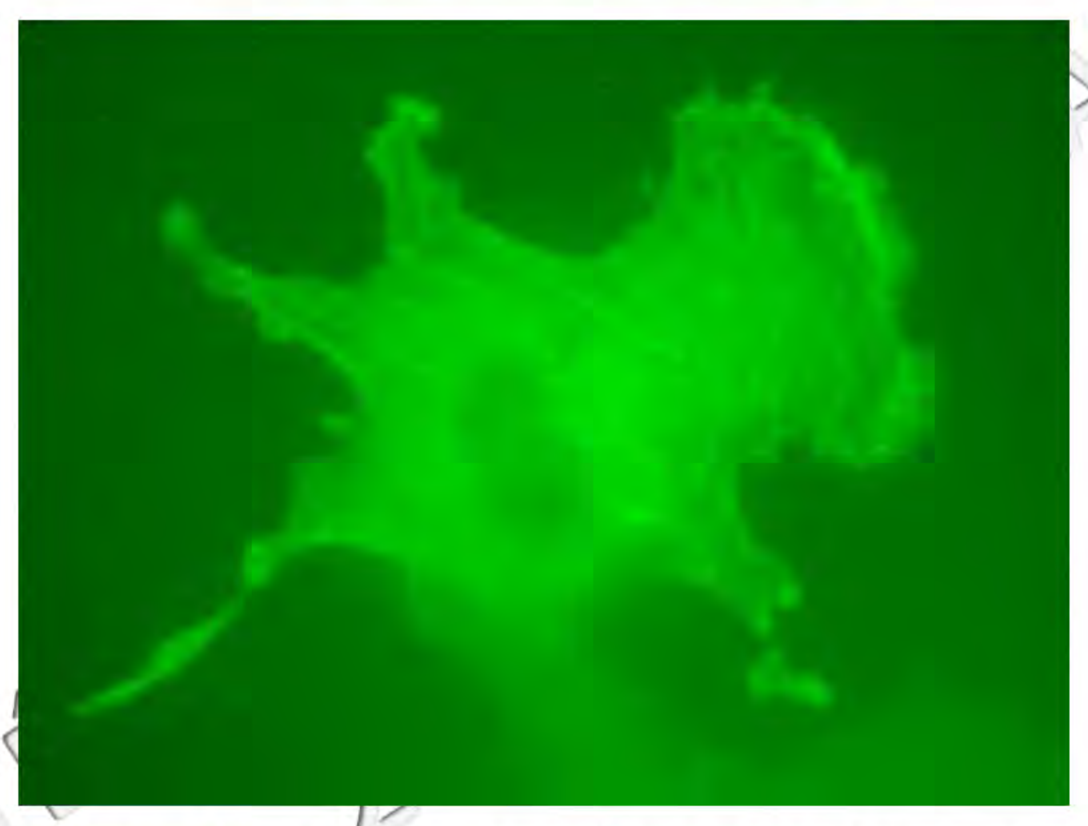
**Amibe= protozoaire parasite infectieux**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

## Dans un fibroblaste réalisant le mouvement amiboïde : les MFF d'actine sont organisés en réseau dans le lamellipode et en faisceau serré dans le filopode



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

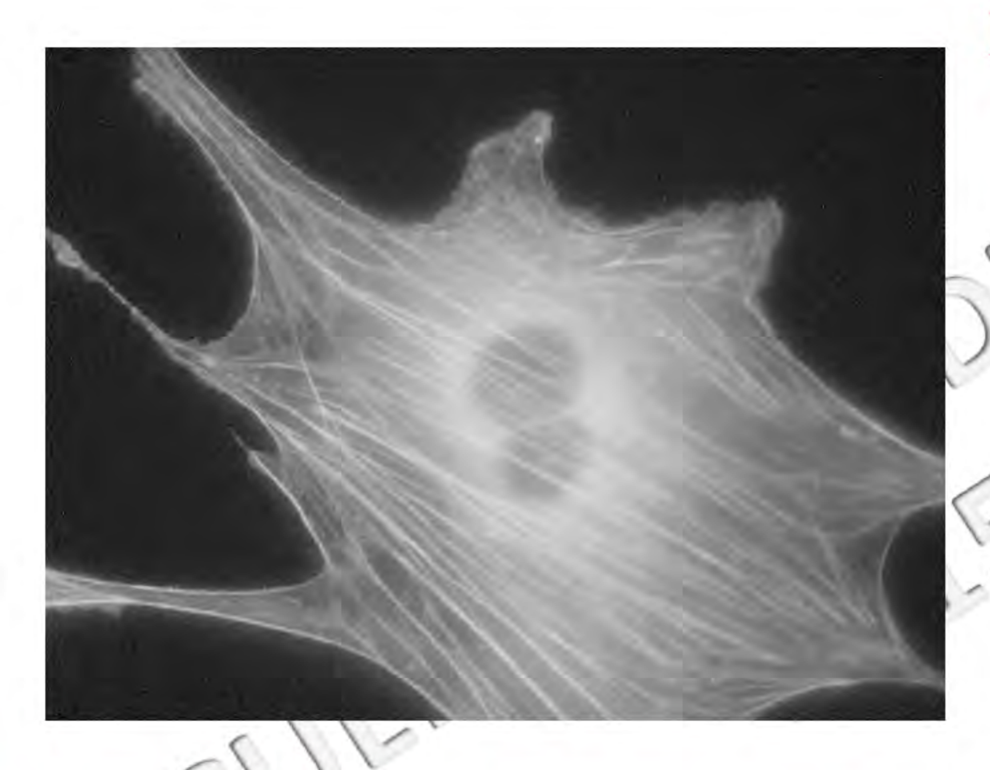


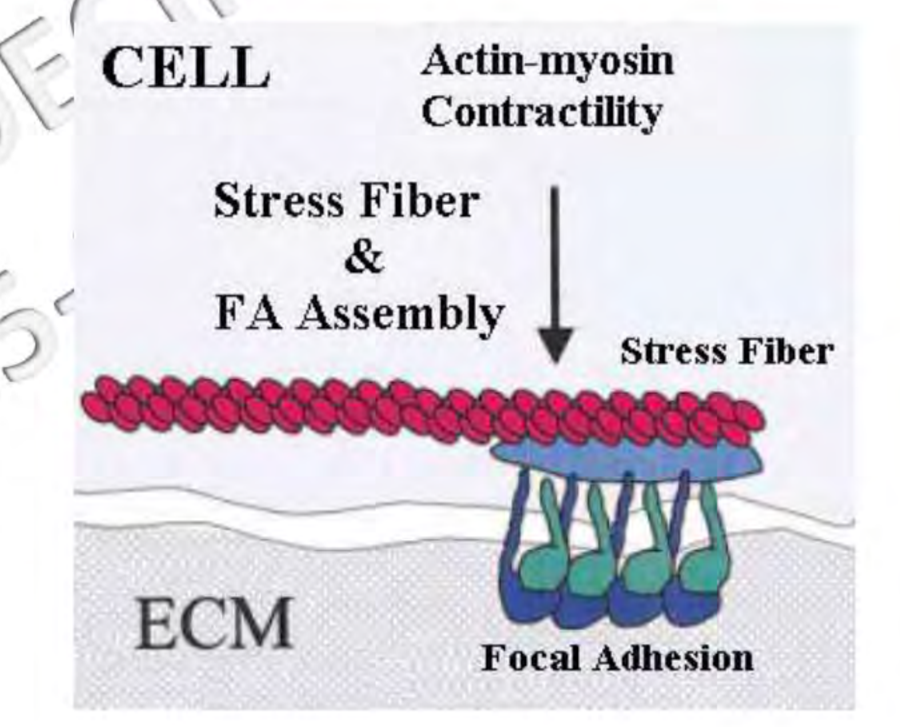
**Visualisation en microscopie par fluorescence de l'actine à l'origine des *mouvements spontanées d'une* cellule de type fibroblaste en culture**

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

## Conditions du mouvement

Les filaments d'actine s'associent pour former des fibres de stress






La cellule adhére au substrat *via les intégrines membranaires*

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

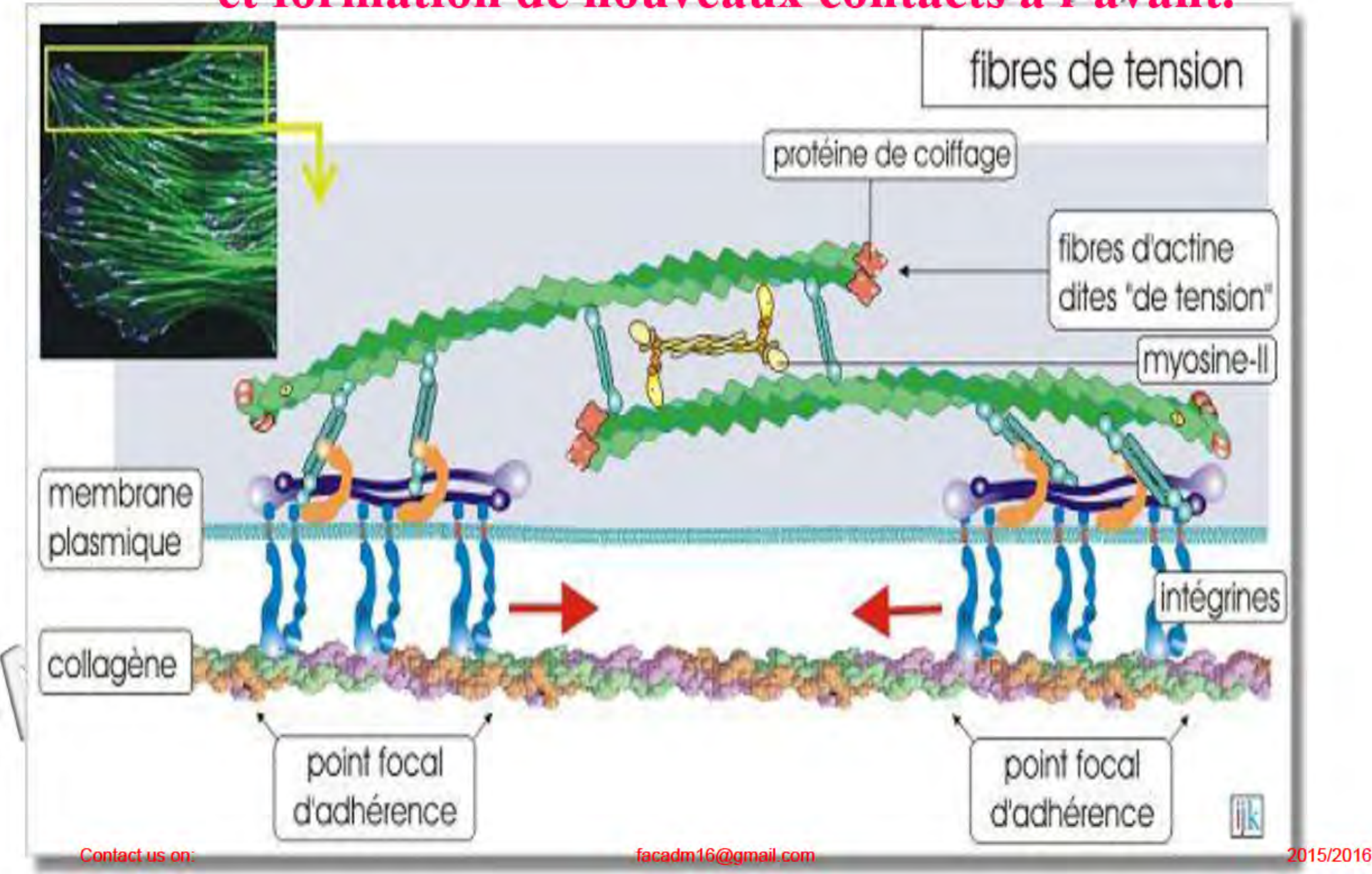
**Les intégrines membranaires assurent l'adhésion cell- MEC et les Faisceaux larges de MFF associés (fibres de stress) se contractent pour soulever la cellule**





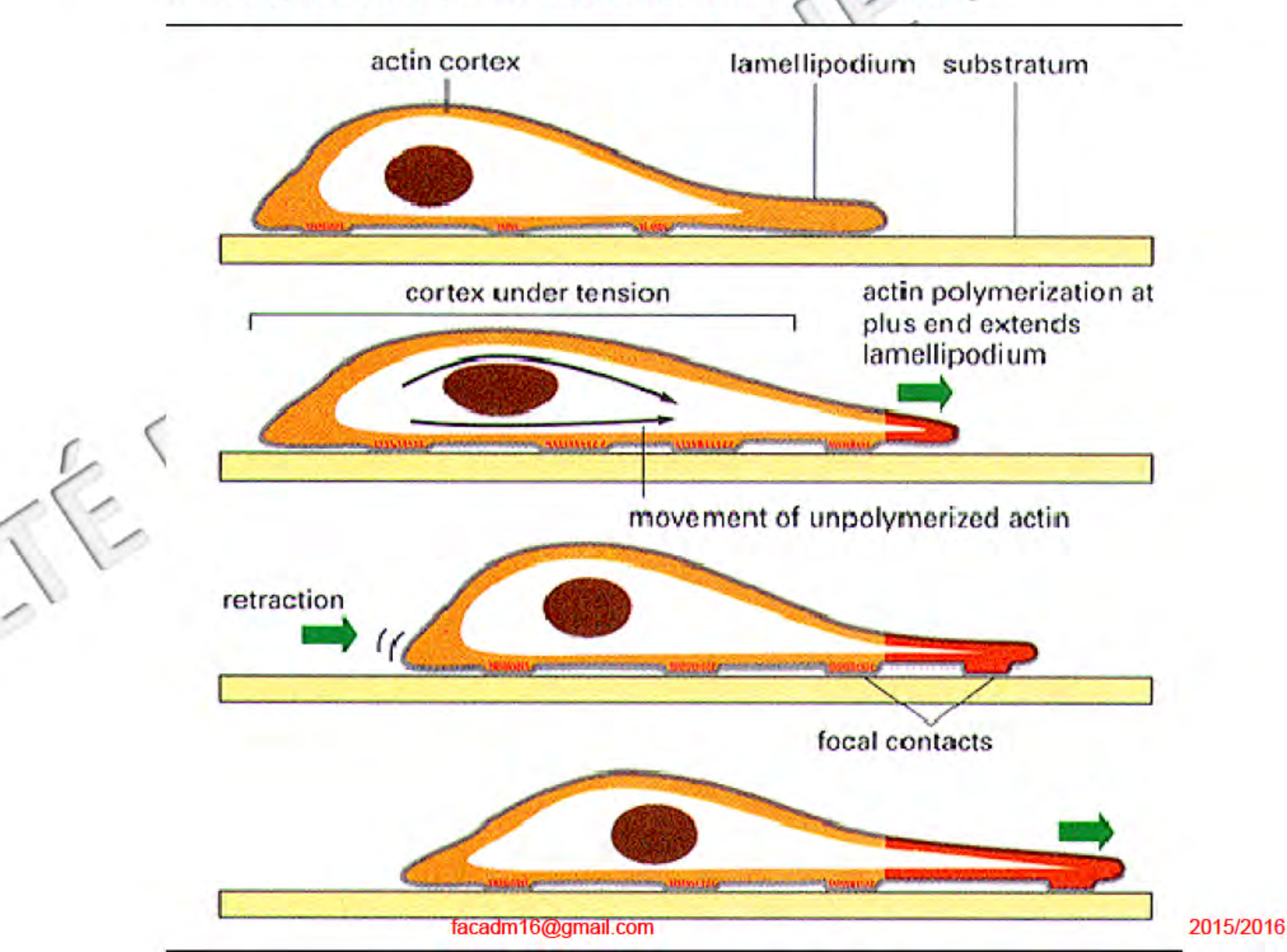
# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le trafic vésiculaire

## La traction entre deux contacts focaux soulève la membrane et contracte la cellule d'où la perte de contacts à l'arrière et formation de nouveaux contacts à l'avant.

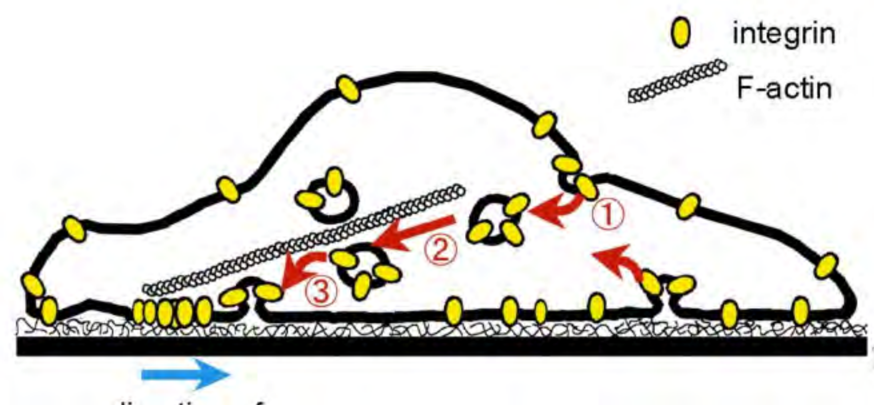


# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

La représentation latérale de la cellule en mouvement montre: les contacts focaux au contact du substrat, l'expansion de la mb p à l'avant et sa rétraction à l'arrière



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde



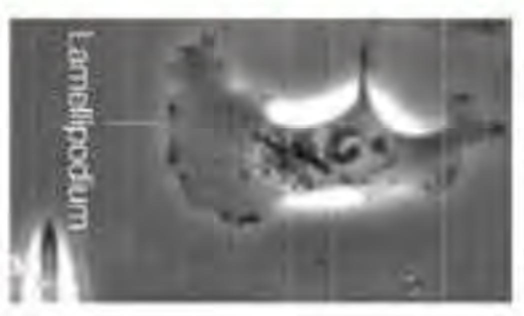

L'endocytose et l'exocytose définissent la rétraction et l'extension respectivement à l'arrière et à l'avant




La contraction des fibres de stress défait les contacts focaux et soulève la cellule

# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans le mouvement amiboïde

**Le mouvement du fibroblaste en culture peut être décomposé en l'enchaînement de 3 étapes**

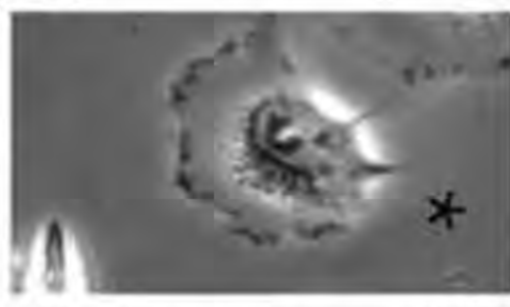


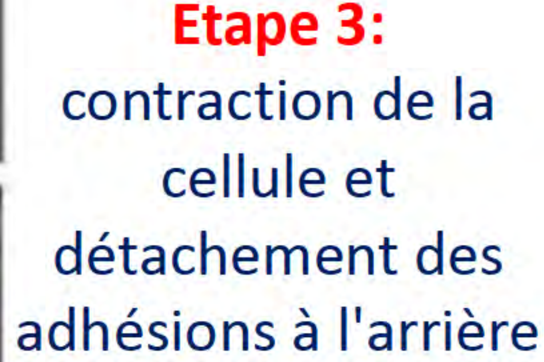



**Etape 1:**
Extension du lamellipode

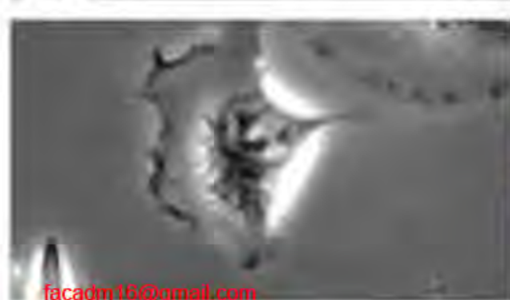



**Etape 2:**
adhésion du lamellipode au substrat



**Etape 3:**
contraction de la cellule et détachement des adhésions à l'arrière



# Expliquer le mode d'intervention des éléments du cytosquelette dans mouvement amiboïde

## Récapitulatif

**Mécanisme du mouvement amiboïde rappelle celui du ver de terre: il implique des modifications à 3 niveaux**

**Endocytose à l'arrière : induit une perte de surface membranaire d'où rétraction de la cellule et perte de contact à l'arrière**

**Exocytose à l'avant: induit un gain de surface membranaire, protrusion cellulaire par croissance rapide des MFF d'actine et formation de nouveaux contacts**

**Au contact du substrat: interaction mb P- MEC par les contacts focaux , contraction des fibres de stress liées aux contacts d'où détachement de la membrane basale et soulèvement de la cellule**